



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



**Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Περιφέρειας Ηπείρου
2014-2020**

Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Επιχειρησιακού Προγράμματος Περιφέρειας Ηπείρου

Με την συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

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

**«Π3.2» ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ
«Ψηφιακό μοντέλο πρόβλεψης βραχυπρόθεσμων,
μεσοπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων σεναρίων»**

Ιωάννινα, 17/03/2019



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	1
2. Ψηφιακό μοντέλο βραχυπρόθεσμης, μεσοπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης πρόβλεψης υψομέτρου περιοχών πλησίον της ακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά	2
2.1 Αρχικός σχεδιασμός – Προβλήματα κατά τη διάρκεια της έρευνας	2
2.2 Βασικές αρχές και παράμετροι που υπεισέρχονται στο μοντέλο	3
2.2.1 Παρουσίαση – επεξήγηση χρήσης του ψηφιακού εργαλείου	5
2.2.2 Αναβαθμίσεις – τροποποιήσεις μοντέλου	11
3 Σύνοψη	12
Βιβλιογραφικές αναφορές	13

1. Εισαγωγή

Η ανάπτυξη ενός μοντέλου το οποίο θα είναι σε θέση να παράγει κατά το δυνατόν αξιόπιστες εκτιμήσεις για τις μελλοντικές τιμές υψομέτρου συγκεκριμένων περιοχών ενδιαφέροντος αποτελεί πάντα μια πρόκληση καθώς η ίδια η διαδικασία της μεταβολής του υψομέτρου επηρεάζεται από πλήθος παραμέτρων.

Σύμφωνα με την τελευταία έκθεση της Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2013) οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη σχετική θέση μεταξύ χέρσου και θάλασσας είναι το λιώσιμο των παγετώνων και η θερμική διαστολή των θαλασσών καθώς οι δύο αυτοί παράγοντες ερμηνεύουν το 75% της παρατηρούμενης αύξησης της Μέσης Στάθμης της Θάλασσας (ΜΣΘ). Μεταξύ των υπολοίπων παραγόντων ως σημαντικότεροι θεωρούνται οι ρυθμοί αποθήκευσης και απώλειας νερού από επίγειες και υπόγειες δεξαμενές ενώ ιδιαίτερα περιορισμένη επίδραση θεωρείται πως έχει στην τελική διαμόρφωση της ΜΣΘ οι μεταβολές στη μέση ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας.

Αναφορικά με τις προβλέψεις της συγκεκριμένης έκθεσης (IPCC, 2013) για τις μέσες τιμές ανόδου της παγκόσμιας ΜΣΘ προκύπτει ως πολύ πιθανό σενάριο πως ο ρυθμός αύξησης της παγκόσμιας ΜΣΘ κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα θα υπερβεί τον αντίστοιχο ρυθμό που παρατηρήθηκε κατά την περίοδο 1971-2010 για όλα τα σενάρια μεταβολής των θερμοκηπικών αερίων (Representative Concentration Pathway, RCP) που εξετάστηκαν από την Επιτροπή λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας των ωκεανών και της απώλειας μάζας από παγετώνες και άλλες συγκεντρώσεις πάγου. Οι προβολές της αύξησης της στάθμης της θάλασσας είναι μεγαλύτερες από ότι στην αντίστοιχη προηγούμενη έκθεση της IPCC, κυρίως λόγω της βελτιωμένης μοντελοποίησης των συνεισφορών χερσαίου πάγου. Για την περίοδο 2081–2100, σε σύγκριση με το 1986–2005, η μέση παγκόσμια αύξηση της στάθμης της θάλασσας είναι πιθανό να βρίσκεται στο εύρος των εκτιμήσεων από 5 έως 95% που προκύπτουν από τα ειδικά μοντέλα τα οποία δίνουν 0,26 έως 0,55 m για το σενάριο RCP2.6, 0,32 έως 0,63 m για το σενάριο RCP4.5, 0,33 έως 0,63 m για το σενάριο RCP6.0, και 0,45 έως 0,82 m για το σενάριο RCP8.5. Σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5, η άνοδος κατά το έτος 2100 προβλέπεται να είναι 0,52 έως 0,98 m με ρυθμό κατά τη διάρκεια της περιόδου 2081-2100 από 8 έως 16 mm yr⁻¹.

Ένα τελευταίο σημαντικό συμπέρασμα που προκύπτει από την ίδια έκθεση είναι η σημαντική αβεβαιότητα που ακολουθεί όλες τις παρουσιαζόμενες προβλέψεις. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα και επηρεάζουν την τελική κατάσταση της θαλάσσιας στάθμης ανά περιοχή στον πλανήτη είναι πολλές, με διαφορετική συνεισφορά στο τελικό αποτέλεσμα τόσο χρονικά όσο και χωρικά.

2. Ψηφιακό μοντέλο βραχυπρόθεσμης, μεσοπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης πρόβλεψης υψομέτρου περιοχών πλησίον της ακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά

Στο πλαίσιο του Πακέτου Εργασίας 3 του Έργου προβλέπεται η ανάπτυξη ενός ψηφιακού εργαλείου - μοντέλου το οποίο θα είναι σε θέση να προβλέπει το μελλοντικό (βραχυπρόθεσμο, μεσοπρόθεσμο, μακροπρόθεσμο) υψόμετρο των περιοχών που αποτελούν την ακτογραμμή του δέλτα του ποταμού Καλαμά οπότε κατ' επέκταση θα καθιστά δυνατή την πρόβλεψη του ρυθμού μεταβολής της δελταϊκής αυτής ακτογραμμής.

2.1 Αρχικός σχεδιασμός – Προβλήματα κατά τη διάρκεια της έρευνας

Σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό, στην ανάπτυξη του ψηφιακού αυτού εργαλείου θα γινόταν χρήση των αποτελεσμάτων παλαιοθερμοκρασίας και παλαιοϋετού τα οποία προβλέπονταν να εξαχθούν σε άλλο Πακέτο Εργασίας του Έργου. Για την εξαγωγή αυτών των εκτιμήσεων απαιτείται πρωτίστως η εύρεση παλαιοεδαφών, η χημική ανάλυση των οποίων παρέχει τα απαραίτητα δεδομένα προκειμένου να εφαρμοσθούν οι σχετικές διαδικασίες που αναλύονται στην σχετική βιβλιογραφία.

Συγκεκριμένα, η εκτίμηση της παλαιοθερμοκρασίας πραγματοποιείται μέσω της παρακάτω εξίσωσης 1 που πρότειναν οι Sheldon et al. (2002):

$$T(^{\circ}\text{C}) = -18.5S + 17.3 \quad \text{Εξ. (1)}$$

όπου,

$$S = \frac{[\text{Na}] + [\text{K}]}{[\text{Al}]}$$

με [Na], [K], [Al] οι συγκεντρώσεις των αντίστοιχων χημικών στοιχείων που προσδιορίζονται μέσω ανάλυσης με φασματογράφο μαζών με επαγωγικά συνεζευγμένο πλάσμα (ICP-MS).

Αντίστοιχα, η εκτίμηση του μέσου ετήσιου ύψους παλαιοϋετού πραγματοποιείται μέσω των παρακάτω εξισώσεων 2 και 3 που πρότειναν οι Sheldon & Tabor (2009):

$$P(\text{mm yr}^{-1}) = 221.1e^{0.0197(\text{CIA} - [\text{K}])} \quad \text{Εξ. (2)}$$

όπου,

$$\text{CIA} = 100 \frac{[\text{Al}]}{[\text{Al}] + [\text{Na}] + [\text{K}] + [\text{Ca}]}$$

$$P(\text{mm yr}^{-1}) = -259.3 \ln \left(\frac{\Sigma \text{Bases}}{[\text{Al}]} \right) + 759 \quad \text{Εξ. (3)}$$

όπου, $\Sigma \text{Bases} = [\text{Mg}] + [\text{Na}] + [\text{K}] + [\text{Ca}]$

με $[\text{Al}]$, $[\text{Na}]$, $[\text{K}]$, $[\text{Ca}]$, $[\text{Mg}]$ οι συγκεντρώσεις των αντίστοιχων χημικών στοιχείων. Δίνεται επίσης πως η σταθερή τυπική απόκλιση για την Εξίσωση 2 είναι $\pm 181 \text{ mm yr}^{-1}$ και για την Εξίσωση 3, $\pm 235 \text{ mm yr}^{-1}$.

Όπως αναφέρεται στο σχετικό Παραδοτέο 2.1 κατά τη διενέργεια των πειραματικών γεωτρήσεων δεν κατέστη εφικτή η εύρεση παλαιοεδαφικών οριζόντων οπότε κατ' επέκταση δεν είναι εφικτή και η εφαρμογή των παραπάνω εξισώσεων για την εκτίμηση παλαιοθερμοκρασίας και παλαιοϋετού, αντίστοιχα. Εξαιτίας των ευρημάτων αυτών, ακολούθησε εκτεταμένη βιβλιογραφική έρευνα προκειμένου να διερευνηθεί η τυχόν ύπαρξη και άλλων μεθόδων εκτίμησης παλαιοθερμοκρασίας και παλαιοϋετού που δεν απαιτούν την εύρεση παλαιοεδαφών. Η βιβλιογραφική αυτή ανασκόπηση ωστόσο δεν κατέληξε στην εύρεση κατάλληλων, για τη συγκεκριμένη περίπτωση, μεθοδολογιών. Τελικά, η αδυναμία εκτίμησης αυτών των παραμέτρων οδήγησε σε επαναπροσδιορισμό του τρόπου ανάπτυξης του ψηφιακού εργαλείου πρόγνωσης του μελλοντικού υψομέτρου των περιοχών που αποτελούν την ακτογραμμή του δέλτα του ποταμού Καλαμά.

2.2 Βασικές αρχές και παράμετροι που υπεισέρχονται στο μοντέλο

Το μοντέλο - ψηφιακό εργαλείο που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του παρόντος Πακέτου Εργασίας μοντελοποιεί τους δύο κύριους μηχανισμούς που υπεισέρχονται στον καθορισμό της θαλάσσιας στάθμης στη συγκεκριμένη περιοχή, έτσι όπως προέκυψαν από τα ευρήματα της έρευνας που υλοποιήθηκε στη διάρκεια του Έργου. Οι μηχανισμοί αυτοί συγκεκριμένα είναι οι ρυθμοί ιζηματογένεσης κατά μήκος της ακτογραμμής του δέλτα του ποταμού Καλαμά και ο ρυθμός ανύψωσης της θαλάσσιας στάθμης.

Συγκεκριμένα, η ακτογραμμή του δέλτα του ποταμού Καλαμά διαιρέθηκε σε 3 επιμέρους περιοχές (Περιοχή Α, Περιοχή Β, Περιοχή Γ, Εικόνα 1). Η διαίρεση αυτή στηρίχθηκε στο καθεστώς ιζηματογένεσης που σύμφωνα με τα ευρήματα της έρευνας ισχύει σε κάθε μια εξ αυτών.

Η περιοχή Α είναι μια περιοχή στην οποία παρατηρούνται σημαντικοί ρυθμοί ιζηματογένεσης. Στο πλαίσιο του μοντέλου που αναπτύχθηκε, θεωρήθηκε πως στη συγκεκριμένη περιοχή επικρατεί ένας μέσος ρυθμός ιζηματογένεσης της τάξης των $3.5 \pm 1 \text{ mm yr}^{-1}$, που αποτελεί μια χαρακτηριστική τιμή ρυθμού ιζηματογένεσης, που

όπως παρουσιάζεται σε άλλα Παραδοτέα του Έργου, συναντάται ιστορικά σε τμήματα του δέλτα κατά τη διάρκεια σχηματισμού της στο παρελθόν.



Εικόνα 1. Αποτύπωση σε δορυφορική φωτογραφία των 3 περιοχών στις οποίες διαιρέθηκε η ακτογραμμή του δέλτα του ποταμού Καλαμά, σύμφωνα με το καθεστώς ιζηματογένεσης που επικρατεί στην κάθε μια εξ αυτών.

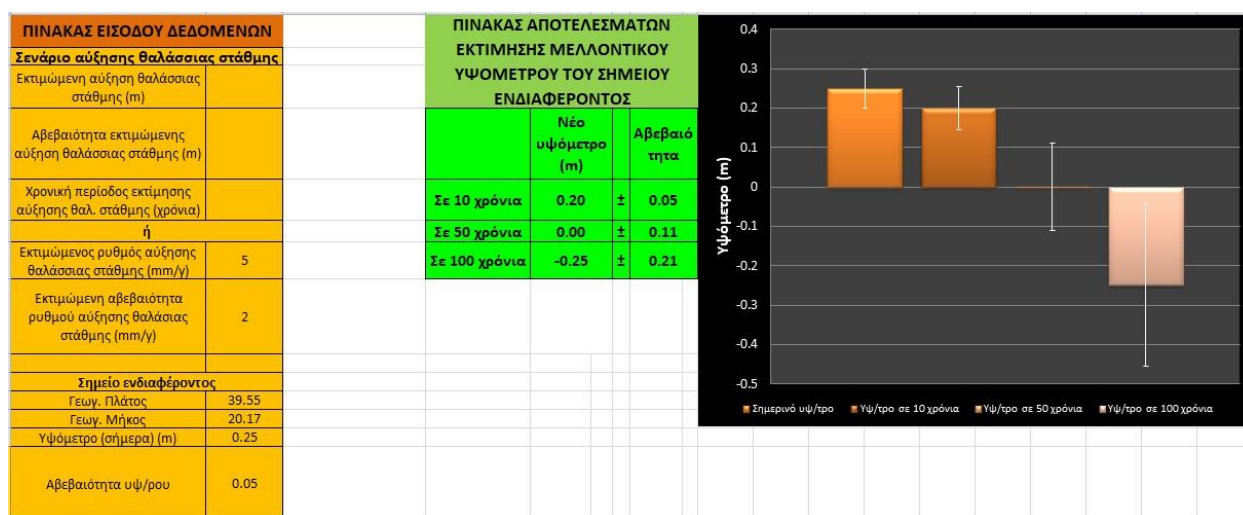
Η Περιοχή Β αντίθετα, η οποία ουσιαστικά περιλαμβάνει την παλαιά εκβολή του ποταμού, παρουσιάζει μικρή απώλεια εδαφών καθώς σύμφωνα με τα ευρήματα της παρούσας έρευνας, που παρουσιάζονται στο σχετικό Παραδοτέο (Π 1.2), η θάλασσα επεκτείνεται προς τη χέρσο καθώς μετά τη μεταβολή της ροής του ποταμού δεν υφίστανται μηχανισμοί απόθεσης ιζημάτων. Στο πλαίσιο του μοντέλου που αναπτύχθηκε, θεωρήθηκε πως στη συγκεκριμένη περιοχή επικρατεί ένας μέσος ρυθμός απώλειας ιζημάτων της τάξης των $-0.5 \pm 0.2 \text{ mm } \gamma^{-1}$.

Τέλος, η περιοχή Γ είναι μια περιοχή στην οποία δεν υφίστανται πρακτικά διεργασίες ούτε απόθεσης ιζημάτων ούτε απώλειας αυτών. Για τον λόγο αυτό στην

ανάπτυξη του παρόντος μοντέλου θεωρήθηκε μια υποτυπώδης τιμή ρυθμού ιζηματογένεσης της τάξης των $0.010 \pm 0.005 \text{ mm } \gamma^{-1}$.

2.2.1 Παρουσίαση – επεξήγηση χρήσης του ψηφιακού εργαλείου

Προκειμένου το ψηφιακό αυτό εργαλείο να είναι εύκολο στη χρήση, να διαθέτει ευελιξία παραγωγής αποτελεσμάτων ανάλογα με τα παρεχόμενα στοιχεία, να μπορεί εύκολα να προσαρμόζεται στις ανάγκες του χρήστη και να δύναται να επικαιροποιείται και να αναβαθμίζεται εύκολα, χωρίς να απαιτούνται ιδιαίτερες γνώσεις προγραμματισμού, αναπτύχθηκε σε περιβάλλον Microsoft Excel. Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται η βασική οθόνη που βλέπει ο χρήστης μόλις ενεργοποιηθεί το μοντέλο. Για λόγους παρουσίασης, έχουν εισαχθεί κάποιες τιμές η επεξήγηση των οποίων δίνεται στη συνέχεια.



Εικόνα 2. Η βασική οθόνη που βλέπει ο χρήστης μόλις ενεργοποιηθεί το μοντέλο.

Αρχικά, παρουσιάζεται ο «ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ» (Εικόνα 3). Ο πίνακας αυτός χωρίζεται σε δύο τμήματα. Στο άνω τμήμα, με τίτλο «Σενάριο αύξησης θαλάσσιας στάθμης», εισάγονται τα δεδομένα που αφορούν στο σενάριο αύξησης της ΜΣΘ που θέλει να διερευνήσει ο χρήστης. Για την εισαγωγή των δεδομένων αυτών παρέχονται δύο δυνατότητες. Η μια δυνατότητα αφορά στην περίπτωση όπου ο χρήστης θέλει να εισάγει την τιμή της «Εκτιμώμενης αύξησης της θαλάσσιας στάθμης» η οποία αναμένεται να συμβεί μέσα σε κάποια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Τη διάρκεια της περιόδου αυτής, σε χρόνια, εισάγει ο χρήστης δίπλα στο κελί με τίτλο «Χρονική περίοδος εκτίμησης αύξησης θαλ. στάθμης (χρόνια)». Επιπλέον, απαιτείται η εισαγωγή της τιμής της αβεβαιότητας της «Εκτιμώμενης αύξησης της θαλάσσιας στάθμης» στο αντίστοιχο κελί. Σε περίπτωση που δεν δοθεί από τον χρήστη τιμή στο κελί αυτό, τότε το μοντέλο θεωρεί ως αβεβαιότητα το 25%

της τιμής της «Εκτιμώμενης αύξησης της θαλάσσιας στάθμης». Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4, σε περίπτωση που δεν δοθεί τιμή για την αβεβαιότητα το λογισμικό εμφανίζει σχετική ενημερωτική ειδοποίηση στο διπλανό κελί. Σχετικό ενημερωτικό μήνυμα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4, εμφανίζεται και στην περίπτωση όπου ο χρήστης δεν εισάγει τιμή για την παράμετρο «Χρονική περίοδος εκτίμησης αύξησης θαλ. στάθμης (χρόνια)». Σημειώνεται πως αν δεν συμπληρωθεί η τιμή αυτή το λογισμικό δεν παράγει αποτελέσματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	
Σενάριο αύξησης θαλάσσιας στάθμης	
Εκτιμώμενη αύξηση θαλάσσιας στάθμης (m)	
Αβεβαιότητα εκτιμώμενης αύξησης θαλάσσιας στάθμης (m)	
Χρονική περίοδος εκτίμησης αύξησης θαλ. στάθμης (χρόνια)	
ή	
Εκτιμώμενος ρυθμός αύξησης θαλάσσιας στάθμης (mm/y)	
Εκτιμώμενη αβεβαιότητα ρυθμού αύξησης θαλάσσιας στάθμης (mm/y)	
Σημείο ενδιαφέροντος	
Γεωγ. Πλάτος	
Γεωγ. Μήκος	
Υψόμετρο (σήμερα) (m)	
Αβεβαιότητα υψ/ρου	

Εικόνα 3. Ο «ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ» του μοντέλου. Οι επιμέρους παράμετροι που εμφανίζονται στον πίνακα αναλύονται στο κείμενο.

Μια άλλη δυνατότητα που παρέχει το λογισμικό, αναφορικά με την εισαγωγή δεδομένων για το «Σενάριο αύξησης θαλάσσιας στάθμης», είναι ο χρήστης να εισάγει τον εκτιμώμενο ετήσιο ρυθμό αύξησης της θαλάσσιας στάθμης σε mm/y, δίπλα από το αντίστοιχο κελί με τίτλο «Εκτιμώμενος ρυθμός αύξησης θαλάσσιας στάθμης (mm/y)». Όπως και προηγούμενα, απαιτείται η εισαγωγή της τιμής της αβεβαιότητας της συγκεκριμένης παραμέτρου, η οποία εισάγεται στο αμέσως παρακάτω κελί. Σε περίπτωση που δεν δοθεί από τον χρήστη τιμή για την

παράμετρο της αβεβαιότητας, τότε το μοντέλο θεωρεί ως αβεβαιότητα το 25% της τιμής του «Εκτιμώμενου ρυθμού αύξησης θαλάσσιας στάθμης (mm/y)». Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5, σε περίπτωση που δεν δοθεί τιμή για την αβεβαιότητα το λογισμικό εμφανίζει σχετική ενημερωτική ειδοποίηση στο διπλανό κελί.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	
Σενάριο αύξησης θαλάσσιας στάθμης	
Εκτιμώμενη αύξηση θαλάσσιας στάθμης (m)	1
Αβεβαιότητα εκτιμώμενης αύξησης θαλάσσιας στάθμης (m)	
Χρονική περίοδος εκτίμησης αύξησης θαλ. στάθμης (χρόνια)	
ή	
Εκτιμώμενος ρυθμός αύξησης θαλάσσιας στάθμης (mm/y)	
Εκτιμώμενη αβεβαιότητα ρυθμού αύξησης θαλάσσιας στάθμης (mm/y)	
Σημείο ενδιαφέροντος	
Γεωγ. Πλάτος	
Γεωγ. Μήκος	
Υψόμετρο (σήμερα) (m)	
Αβεβαιότητα υψ/ρου	

ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΤΕ ΤΟ ΔΙΠΛΑΝΟ ΚΕΛΙ ΑΛΛΙΩΣ ΘΑ ΘΕΩΡΗΘΕΙ ΩΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΤΟ 25% ΤΗΣ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΤΙΜΗΣ

ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΤΕ ΤΟ ΔΙΠΛΑΝΟ ΚΕΛΙ!!!

Εικόνα 4. Ο «ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ» του μοντέλου μαζί με δύο ενημερωτικά μηνύματα που εμφανίζει το λογισμικό σε περίπτωση όπου δεν συμπληρωθούν επαρκώς τα απαραίτητα πεδία.

Στο κάτω τμήμα ο «ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ» περιλαμβάνει κελιά για την εισαγωγή πληροφοριών για το «Σημείο ενδιαφέροντος». Αρχικά, σημειώνεται πως το σημείο αυτό θα πρέπει να ανήκει σε κάποια από τις Περιοχές Α, Β ή Γ. Τα όρια των συντεταγμένων των Περιοχών αυτών, μαζί με τις τιμές των ρυθμών ιζηματογένεσης που αναφέρθηκαν παραπάνω, δίνονται στο φύλλο εργασίας με τίτλο «Πίνακες περιοχών» και εμφανίζονται στην Εικόνα 6. Σε περίπτωση που ο χρήστης εισάγει συντεταγμένες που δεν περιλαμβάνονται στα όρια αυτά τότε το λογισμικό δεν παράγει αποτελέσματα. Εκτός των συντεταγμένων του σημείου

ενδιαφέροντος, ο χρήστης πρέπει να εισάγει και το σημερινό υψόμετρο, σε m, του σημείου αυτού.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ		
Σενάριο αύξησης θαλάσσιας στάθμης		
Εκτιμώμενη αύξηση θαλάσσιας στάθμης (m)		
Αβεβαιότητα εκτιμώμενης αύξησης θαλάσσιας στάθμης (m)		
Χρονική περίοδος εκτίμησης αύξησης θαλ. στάθμης (χρόνια)		
ή		
Εκτιμώμενος ρυθμός αύξησης θαλάσσιας στάθμης (mm/y)	5	
Εκτιμώμενη αβεβαιότητα ρυθμού αύξησης θαλάσσιας στάθμης (mm/y)		ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΤΕ ΤΟ ΔΙΠΛΑΝΟ ΚΕΛΙ ΑΛΛΙΩΣ ΘΑ ΘΕΩΡΗΘΕΙ ΩΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΤΟ 25% ΤΗΣ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΤΙΜΗΣ
Σημείο ενδιαφέροντος		
Γεωγ. Πλάτος		
Γεωγ. Μήκος		
Υψόμετρο (σήμερα) (m)		
Αβεβαιότητα υψ/ρου		

Εικόνα 5. Ο «ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ» του μοντέλου μαζί με το ενημερωτικό μήνυμα που εμφανίζει το λογισμικό σε περίπτωση όπου δεν δοθεί τιμή για την αβεβαιότητα του «Εκτιμώμενου ρυθμού αύξησης θαλάσσιας στάθμης (mm/y)».

Σε περίπτωση που δεν δοθεί από τον χρήστη τιμή για την παράμετρο της αβεβαιότητας του υψομέτρου, τότε το μοντέλο θεωρεί ως αβεβαιότητα το 10% της τιμής του σημερινού υψομέτρου που δίνεται στο αντίστοιχο κελί. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 7, σε περίπτωση που δεν δοθεί τιμή για την αβεβαιότητα το λογισμικό εμφανίζει σχετική ενημερωτική ειδοποίηση στο διπλανό κελί.

Περιοχή Α		Ρυθμός ιζ/σης (mm/y)	Αβεβαιότητα
39.575	20.13	3.5	1
39.575	20.18		
39.6	20.13		
39.6	20.18		
Περιοχή Β		Ρυθμός ιζ/σης (mm/y)	Αβεβαιότητα
39.541	20.13	-0.5	0.2
39.541	20.13		
39.543	20.16		
39.543	20.16		
Περιοχή Γ		Ρυθμός ιζ/σης (mm/y)	Αβεβαιότητα
39.544	20.14	0.01	0.005
39.544	20.14		
39.574	20.17		
39.574	20.17		

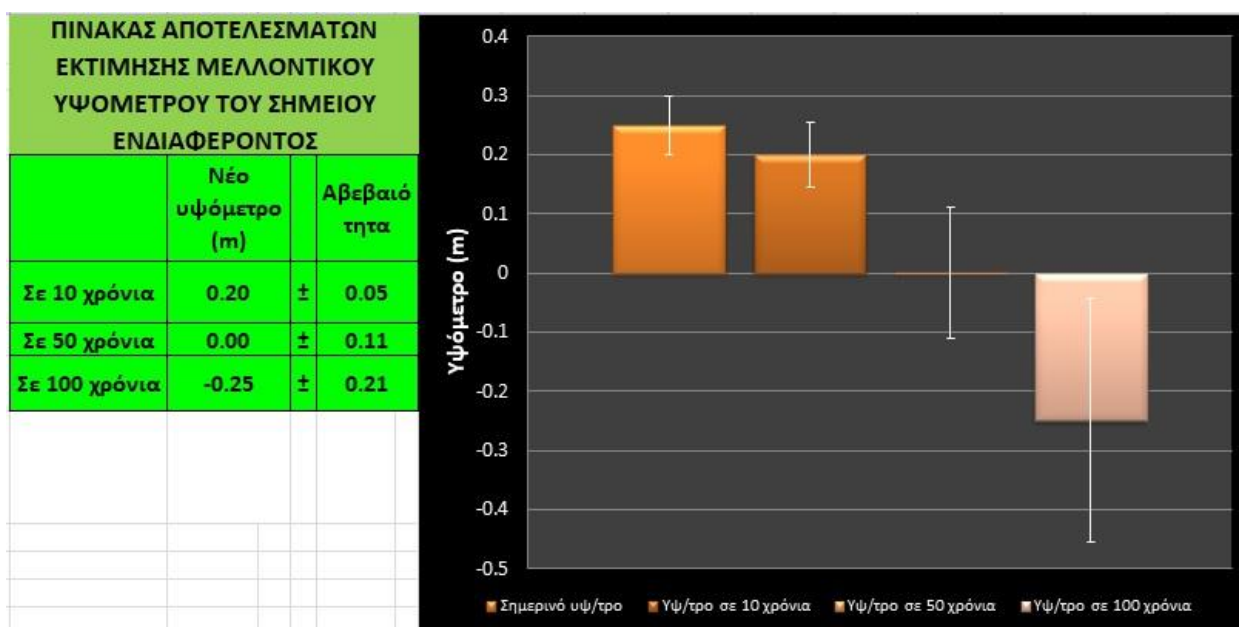
Εικόνα 6. Ο πίνακας στον οποίο δίνονται τα όρια των συντεταγμένων των περιοχών Α, Β και Γ, μαζί τις αντίστοιχες, για κάθε περιοχή, τιμές των ρυθμών ιζηματογένεσης.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	
Σενάριο αύξησης θαλάσσιας στάθμης	
Εκτιμώμενη αύξηση θαλάσσιας στάθμης (m)	
Αβεβαιότητα εκτιμώμενης αύξησης θαλάσσιας στάθμης (m)	
Χρονική περίοδος εκτίμησης αύξησης θαλ. στάθμης (χρόνια)	
ή	
Εκτιμώμενος ρυθμός αύξησης θαλάσσιας στάθμης (mm/y)	
Εκτιμώμενη αβεβαιότητα ρυθμού αύξησης θαλάσσιας στάθμης (mm/y)	
Σημείο ενδιαφέροντος	
Γεωγ. Πλάτος	39.55
Γεωγ. Μήκος	20.17
Υψόμετρο (σήμερα) (m)	0.25
Αβεβαιότητα υψ/ρου	
ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΤΕ ΤΟ ΔΙΠΛΑΝΟ ΚΕΛΙ ΑΛΛΙΩΣ ΘΑ ΘΕΩΡΗΘΕΙ ΩΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΤΟ 10% ΤΗΣ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΤΙΜΗΣ	

Εικόνα 7. Ο «ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ» του μοντέλου μαζί με το ενημερωτικό μήνυμα που εμφανίζει το λογισμικό σε περίπτωση όπου δεν δοθεί τιμή για την αβεβαιότητα του υψομέτρου του σημείου ενδιαφέροντος.

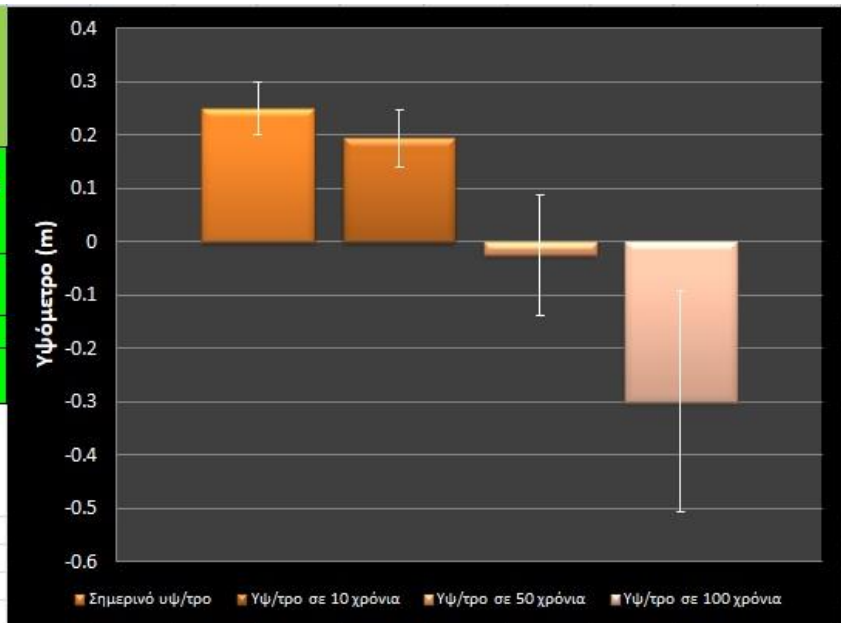
Η βασική οθόνη που βλέπει ο χρήστης μόλις ενεργοποιήσει το λογισμικό περιλαμβάνει επίσης (Εικόνα 2) και τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων του μοντέλου. Τα αποτελέσματα αφορούν στις προβλέψεις των υψομέτρων στα οποία αναμένεται να βρεθεί το σημείο ενδιαφέροντος μετά από 10 χρόνια (βραχυπρόθεσμη πρόγνωση), μετά από 50 χρόνια (μεσοπρόθεσμη πρόγνωση) και μετά από 100 χρόνια (μακροπρόθεσμη πρόγνωση) θεωρώντας, κατά τα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα, σταθερούς τόσο τους ρυθμούς ιζηματογένεσης όσο και τον ρυθμό αύξησης της θαλάσσιας στάθμης που δόθηκε από τον χρήστη στον «ΠΙΝΑΚΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ».

Στην Εικόνα 8 παρουσιάζεται μια κοντινή άποψη της περιοχής της Εικόνας 2 που περιλαμβάνει τα αποτελέσματα του μοντέλου για σημείο ενδιαφέροντος που βρίσκεται στην Περιοχή Γ. Όπως φαίνεται στην εικόνα, τα αποτελέσματα δίνονται ως συγκεκριμένες τιμές με τις αβεβαιότητές τους στον πίνακα με τίτλο «ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ» και γραφικά στο αντίστοιχο γράφημα, όπου οι αβεβαιότητες αποτυπώνονται με τις λευκές μπάρες σφαλμάτων. Σημειώνεται ότι ο πρώτος ιστός του γραφήματος αναφέρεται στο σημερινό υψόμετρο του σημείου ενδιαφέροντος. Για λόγους σύγκρισης στις Εικόνες 9 και 10 παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις μεταβολής του υψομέτρου για σημεία ενδιαφέροντος που εντοπίζονται στις Περιοχές Β και Α, αντίστοιχα, και βρίσκονται σήμερα όλα στο ίδιο υψόμετρο.



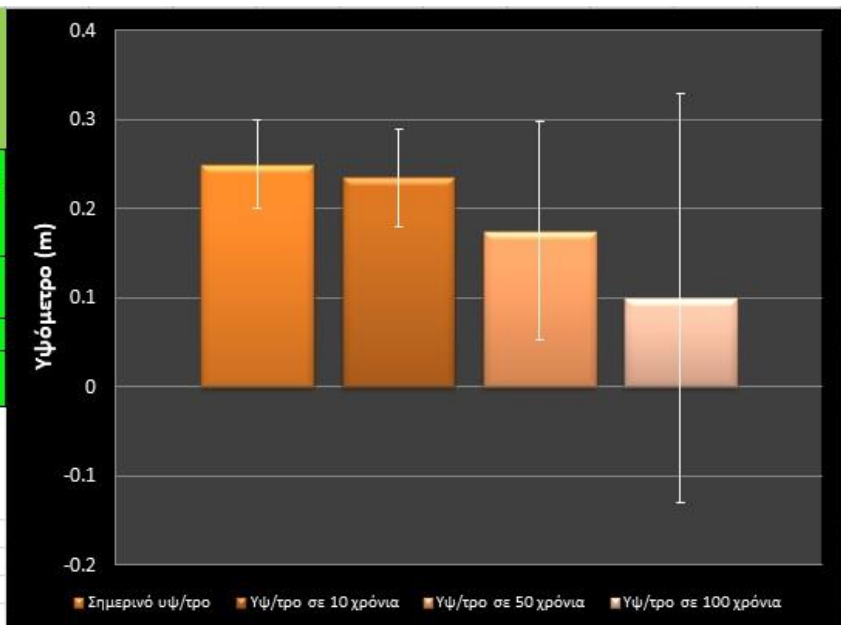
Εικόνα 8. Η περιοχή της οθόνης του μοντέλου που περιέχει τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων για το μελλοντικό υψόμετρο του σημείου ενδιαφέροντος που βρίσκεται στην Περιοχή Γ.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ			
	Νέο υψόμετρο (m)		Αβεβαιό τητα
Σε 10 χρόνια	0.20	±	0.05
Σε 50 χρόνια	-0.03	±	0.11
Σε 100 χρόνια	-0.30	±	0.21



Εικόνα 9. Η περιοχή της οθόνης του μοντέλου που περιέχει τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων για το μελλοντικό υψόμετρο του σημείου ενδιαφέροντος που βρίσκεται στην Περιοχή Β.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ			
	Νέο υψόμετρο (m)		Αβεβαιό τητα
Σε 10 χρόνια	0.24	±	0.05
Σε 50 χρόνια	0.18	±	0.12
Σε 100 χρόνια	0.10	±	0.23



Εικόνα 10. Η περιοχή της οθόνης του μοντέλου που περιέχει τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων για το μελλοντικό υψόμετρο του σημείου ενδιαφέροντος που βρίσκεται στην Περιοχή Α.

2.2.2 Αναβαθμίσεις – τροποποιήσεις μοντέλου

Όπως αναφέρθηκε και σε άλλο σημείο, το μοντέλο αυτό πρέπει να προσφέρει την δυνατότητα εύκολης αναβάθμισης και τροποποίησης ώστε να μπορεί να προσαρμόζεται στις ανάγκες του χρήστη. Το συγκεκριμένο λογισμικό παρέχει αυτές

τις δυνατότητες καθώς ο χρήστης εύκολα μπορεί να μεταβάλλει τις τιμές διαφόρων παραμέτρων που εμπλέκονται στην λειτουργία του λογισμικού.

Αρχικά να αναφέρουμε τους ρυθμούς ιζηματογένεσης των Περιοχών Α, Β και Γ που εμφανίζονται στην Εικόνα 6. Πηγαίνοντας ο χρήστης στο φύλλο εργασίας «Πίνακες περιοχών» μπορεί, εφόσον το επιθυμεί, να εισάγει διαφορετικές τιμές των ρυθμών ιζηματογένεσης προκειμένου να μελετήσει εναλλακτικά σενάρια ή να επικαιροποιήσει τις τιμές αυτές με βάση μελλοντικά αποτελέσματα από αντίστοιχες έρευνες. Ο χρήστης έχει επίσης τη δυνατότητα να τροποποιήσει τις περιοχές στις οποίες είναι ενεργό το μοντέλο, μεταβάλλοντας δηλαδή τα όρια των Περιοχών Α, Β και Γ. Αυτήν την αλλαγή μπορεί επίσης να την κάνει μέσω κατάλληλων μεταβολών στο φύλλο εργασίας «Πίνακες περιοχών». Συγκεκριμένα μπορεί, εφόσον το επιθυμεί, να ορίσει διαφορετικές περιοχές εισάγοντας τις κατάλληλες συντεταγμένες στα κελιά Α2, Α4, Β1, Β2, Α7, Α9, Β7, Β8, Α12, Α14, Β12 και Β13. Με τον τρόπο αυτό ικανοποιείται μια βασική προδιαγραφή του μοντέλου, να μπορεί δηλαδή να εφαρμοστεί και σε άλλες περιοχές πέραν της συγκεκριμένης περιοχής μελέτης.

Επίσης υπάρχει η δυνατότητα μεταβολής των ορίων βραχυπρόθεσμης, μεσοπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης πρόβλεψης των μεταβολών του υψομέτρου του σημείου ενδιαφέροντος. Η τροποποίηση αυτή μπορεί να γίνει αλλάζοντας ο χρήστης τις τιμές των κελιών Β15, Β16 και Β17 του φύλλου εργασίας «Φόρμα υπολογισμών».

Το μοντέλο είναι επίσης ανοιχτό στην τροποποίηση – επέκταση – αναβάθμιση και των ίδιων των προγνωστικών συναρτήσεων. Σημειώνεται ωστόσο πως τέτοιου είδους μεταβολές θα πρέπει να υλοποιούνται μετά από συστηματική μελέτη ώστε να αποφεύγονται λάθη και άστοχες εκτιμήσεις.

3. Σύνοψη

Όπως αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους, το παρουσιαζόμενο, στο συγκεκριμένο Παραδοτέο, ψηφιακό εργαλείο – μοντέλο που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του Έργου αυτού προσφέρει τη δυνατότητα εκτίμησης των μεταβολών της δελταϊκής ακτογραμμής του ποταμού Καλαμά μέσω της βραχυπρόθεσμης, μεσοπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης πρόγνωσης των μεταβολών των υψομέτρων των παράκτιων περιοχών. Το μοντέλο ικανοποιεί επίσης τις βασικές προδιαγραφές που ετέθησαν από τους στόχους του Έργου και συγκεκριμένα είναι «φιλικό» προς τον χρήστη, διαθέτει ευελιξία παραγωγής αποτελεσμάτων ανάλογα με τα παρεχόμενα στοιχεία, προσφέρει τη δυνατότητα εύκολης αναβάθμισης – τροποποίησης – επέκτασης και τέλος προσφέρει τη δυνατότητα εφαρμογής του και σε άλλες περιοχές εκτός της συγκεκριμένης περιοχής μελέτης, μέσω φυσικά κατάλληλων τροποποιήσεων.

Βιβλιογραφικές αναφορές

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

Sheldon N.D. and Tabor N.J. 2009. Quantitative Paleoenvironmental and Paleoclimatic Reconstruction Using Paleosols, *Earth-Science Reviews*, 95, 1-52.

Sheldon N.D., Retallack G.J. and Tanaka S., 2002. Geochemical climofunctions from North America soils and application to paleosols across the Eocene–Oligocene boundary in Oregon, *Journal of Geology* 110, 687–696.