

Ανάπτυξη μεθοδολογίας για την εκτίμηση της οπισθοχώρησης των νησιωτικών παραλιών του Αιγαίου Πελάγους κάτω από αλλαγές της θαλάσσιας στάθμης

Βελεγράκης, Α.Φ.¹, Μονιούδη, Ι.Ν.¹, Χατζηπαυλής, Α.¹, Χατζόπουλος, Ι.Ν.², Ρήγος, Α.³, Ψαρρός, Φ.¹

¹Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, afv@aegean.gr, imonioudi@marine.aegean.gr, mar02098@marine.aegean.gr, marm31210@marine.aegean.gr

²Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, ihat@aegean.gr

³Τμήμα Πολιτισμικής Τεχνολογίας και Επικοινωνίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, a.rigos@aegean.gr

Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να αναπτύξει μια μεθοδολογία για γρήγορη εκτίμηση της παραλιακής οπισθοχώρησης λόγω ανόδου της θαλάσσιας στάθμης σε κλίμακα λεκάνης. Η προτεινόμενη μεθοδολογία εφαρμόστηκε για την εκτίμηση της τρωτότητας των νησιωτικών παραλιών του Αιγαίου. 6 εγκάρσια (1-D) μορφοδυναμικά μοντέλα σε 2 κατάλληλες συστοιχίες (17300 αριθμητικές προσομοιώσεις) χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της οπισθοχώρησης λόγω μακρο- και βραχυ-χρόνιας ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Βρέθηκε ότι το 70% και το 87% των παραλιών θα οπισθοχωρήσουν περισσότερο από το μέγιστο πλάτος τους, κάτω από μετεωρολογική παλίρροια ύψους 0.6 m και μακροχρόνια άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 1 m, αντίστοιχα.

Λέξεις κλειδιά: συστοιχίες μοντέλων, παραλιακή οπισθοχώρηση, άνοδος θαλάσσιας στάθμης, Αιγαίο Πέλαγος

Development of a methodology for the estimation of beach retreat of the Aegean island beaches due to sea level rise

Velegrakis, A.F.¹, Monioudi, I.N.¹, Chatzipavlis, A.¹, Hatzopoulos, I.N.², Rigos, A.³, Psarros, F.¹

¹Department of Marine Sciences, University of the Aegean, afv@aegean.gr, imonioudi@marine.aegean.gr, mar02098@marine.aegean.gr, marm31210@marine.aegean.gr

²Department of Environment, University of the Aegean, ihat@aegean.gr

³Department of Cultural Technology and Communication, University of the Aegean, a.rigos@aegean.gr

Abstract

The aim of the present contribution is to develop a methodology for the rapid assessment of the sea level rise-driven beach retreat at basin scale. The proposed methodology was applied to assess the vulnerability of Aegean island beaches. Six (1-D) morphodynamic models were used to create two suitable model ensembles (17300 numerical experiments) for the prediction of beach retreat under long- and short-term sea level rise. The analysis showed that 70% and 87% of the beaches are projected to retreat by their entire maximum width under a 0.6 m storm surge and 1 m long-term sea level rise, respectively.

Keywords: ensemble modeling, beach retreat, sea level rise, Aegean Archipelagos

1. Εισαγωγή

Η παράκτια διάβρωση, η οποία είναι ήδη σημαντική κατά μήκος της παγκόσμιας ακτογραμμής, είναι πιθανόν να επιδεινωθεί στο μέλλον λόγω της προβλεπόμενης ανόδου της θαλάσσιας στάθμης (Α.Σ.Θ.) και μεταβολών στο ανεμολογικό/κυματικό καθεστώς (π.χ. Church et al., 2013). Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναπτύξει μια μεθοδολογία για γρήγορη εκτίμηση της παραλιακής διάβρωσης/οπισθοχώρησης σε κλίμακα λεκάνης, κάτω από διαφορετικά σενάρια μακροχρόνιας και βραχυχρόνιας ανόδου της θαλάσσιας στάθμης και μεταβολών της κυματικής δράσης. Η προτεινόμενη μεθοδολογία εφαρμόστηκε για την εκτίμηση της τρωτότητας των νησιωτικών παραλιών του Αιγαίου Αρχιπελάγους.

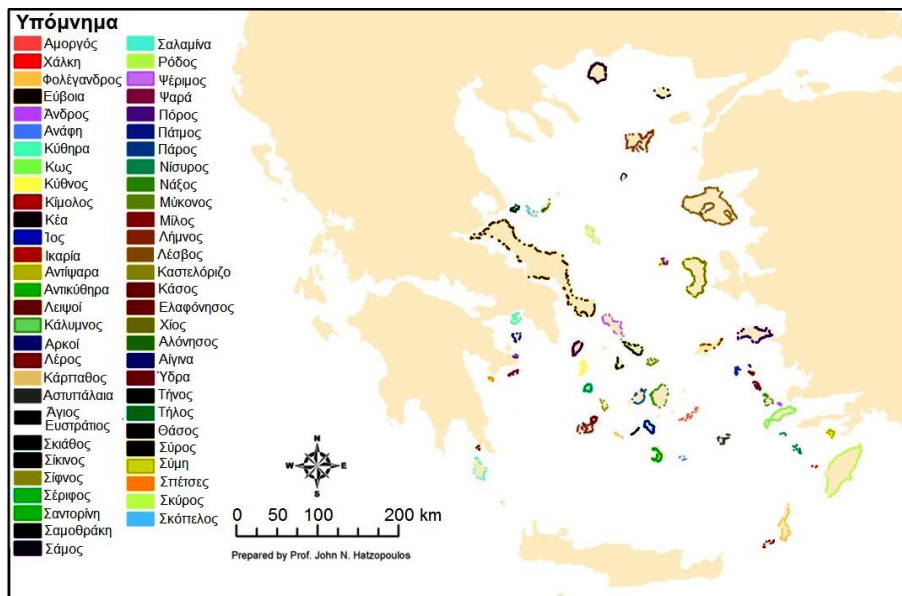
2. Υλικά και μέθοδοι

Χρησιμοποιήθηκε μια βάση δεδομένων με τα χωρικά (π.χ. μήκος, πλάτος και προσανατολισμός) και - όπου υπήρχε διαθέσιμη πληροφορία - ιζηματολογικά χαρακτηριστικά και με τις ανθρώπινες παρεμβάσεις όλων των νησιωτικών παραλιών (Aegean Island Beach Inventory-AIBI) (Ρήγος κ.ά., 2015).

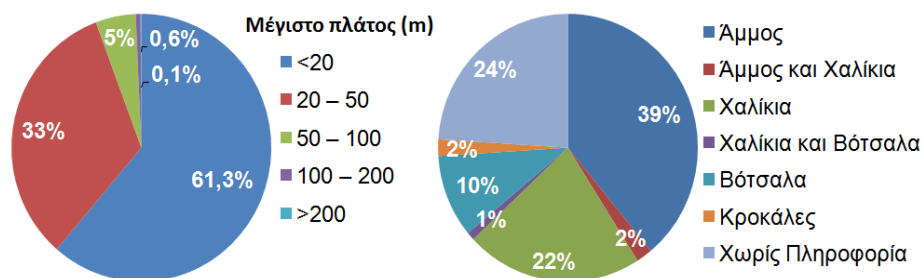
Για την εκτίμηση της παραλιακής οπισθοχώρησης (κλίμακα λεκάνης), χρησιμοποιήθηκαν 6 εγκάρσια μονοδιάστατα μορφοδυναμικά μοντέλα. Εξετάστηκαν διαφορετικές περιπτώσεις κυματικών συνθηκών για παραλίες με διαφορετικές κλίσεις (γραμμικές διατομές) (1/10-1/30) και κοκκομετρική σύσταση ($d_{50}=0.2-5$ mm) κάτω από 10 σενάρια άνοδου της θαλάσσιας στάθμης (μέχρι 2 m) (17300 αριθμητικές προσομοιώσεις). Τα αποτελέσματα ομαδοποιήθηκαν σε 2 συστοιχίες: μία αποτελούμενη από 3 αναλυτικά μοντέλα (Bruun, Edelman, Dean) και μία από 3 αριθμητικά (Leont'gen, SBEACH, Xbeach) για την εκτίμηση του εύρους της οπισθοχώρησης κάτω από μακροχρόνια και βραχυχρόνια (μετεωρολογική παλίρροια) άνοδο της θαλάσσιας στάθμης αντίστοιχα. Οι πολυωνυμικές εξισώσεις που προσεγγίζουν τις χαμηλότερες και υψηλότερες προβλέψεις των 2 συστοιχιών συγκρίθηκαν με τα μέγιστα πλάτη των παραλιών που καταγράφηκαν στη βάση δεδομένων AIBI.

3. Αποτελέσματα

Οι 2406 παραλίες των 57 μεγαλύτερων νησιών του Αιγαίου Αρχιπελάγους (Εικ. 1) βρέθηκαν ότι χαρακτηρίζονται από μικρό μέγεθος (περίπου το 93% των παραλιών έχουν μέγιστο πλάτος <50 m) και κτίζονται κυρίως σε άμμους (Εικ. 2).

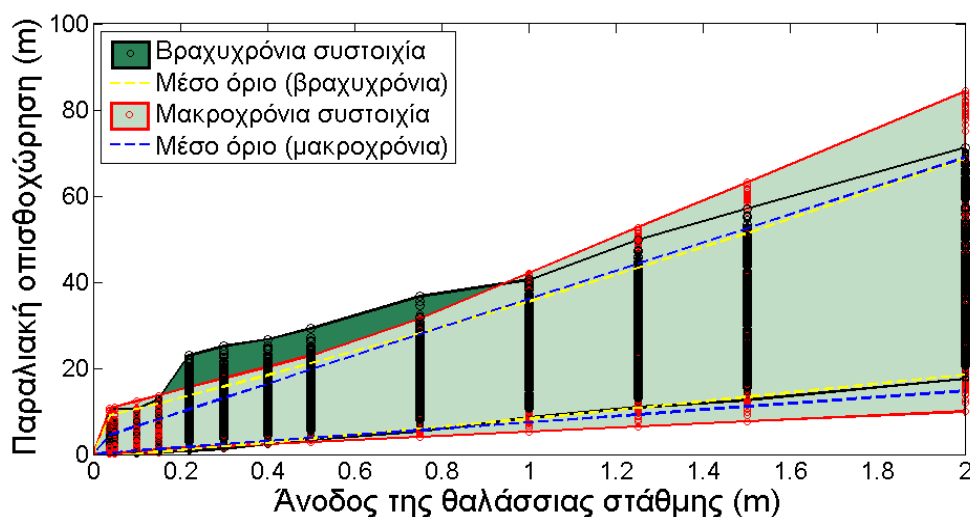


Εικ. 1. Οι παραλίες του Αιγαίου Αρχιπελάγους (AIBI data base).

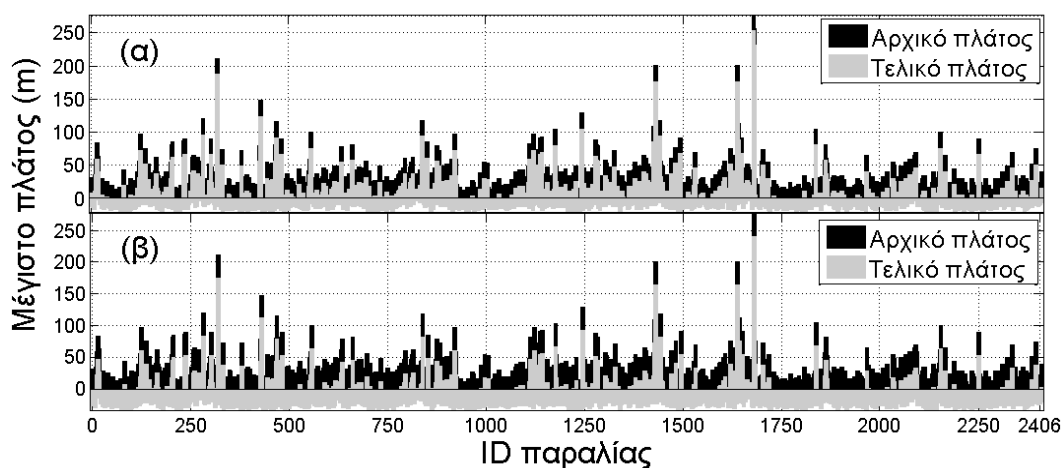


Εικ. 2. Τα βασικά χωρικά και ιζηματολογικά χαρακτηριστικά των νησιωτικών παραλιών του Αιγαίου.

Τα αποτελέσματα των μοντέλων χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση του εύρους οπισθοχώρησης των νησιωτικών παραλιών του Αιγαίου. Καθώς τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά ποικίλουν, χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες χαμηλότερες και υψηλότερες προβλέψεις για όλους τους συνδυασμούς μορφολογικών, ιζηματολογικών και κυματικών συνθηκών (Εικ. 3). Η προσέγγιση αυτή δίνει τη δυνατότητα για μια γρήγορη εκτίμηση της πιθανής παραλιακής οπισθοχώρησης κάτω από συνθήκες θαλάσσιας κατάκλισης, παρέχοντας εύρη (μέγιστα και ελάχιστα) της οριζόντιας εγκάρσιας οπισθοχώρησης, τα οποία μπορούν στη συνέχεια να συγκριθούν με τα μέγιστα πλάτη των παραλιών (βλ. και Allenbach et al., 2014; Monioudi et al., 2014).



Εικ. 3. Εύρη αποτελεσμάτων για όλες τις παραλιακές κλίσεις, κυματικές συνθήκες, μεγέθη ιζήματος (d_{50}) και σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης που εξετάστηκαν. Απεικονίζονται επίσης οι καμπύλες που προσεγγίζουν τις μέσες υψηλότερες και χαμηλότερες προβλέψεις των 2 συστοιχιών μοντέλων (βραχυχρόνια και μακροχρόνια).



Εικ. 4. Προβλεπόμενη μέγιστη οπισθοχώρηση των νησιωτικών παραλιών του Αιγαίου για (α) μετεωρολογική παλίρροια ύψους 0.6 m και (β) για μακροχρόνια Α.Σ.Θ. κατά 1 m, βασισμένη στις μέσες υψηλότερες εκτιμήσεις των 2 συστοιχιών (Εικ. 3). Τα τελικά πλάτη <0 υποδηλώνουν παραλίες οι οποίες θα οπισθοχωρήσουν (θα χαθούν ή θα μετατοπιστούν προς την ξηρά) όσο είναι το μέγιστο πλάτος τους.

Η σύγκριση μεταξύ του μέγιστου παραλιακού πλάτους και των προβλεπόμενων οπισθοχωρήσεων κάτω από μετεωρολογική παλίρροια ύψους 0.6 m (Tsimplis & Shaw, 2010) και

μακροχρόνιας ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά 1 m (μέγιστη εκτίμηση για το 2100 (Church et al., 2013)), έδειξε ότι και οι δύο τύποι ανόδου της θαλάσσιας στάθμης θα έχουν καταστροφικές συνέπειες. Το 93% των παραλιών θα οπισθοχωρήσουν περισσότερο από το 50% του μέγιστου πλάτους τους σύμφωνα με τη μέγιστη προβλεπόμενη οπισθοχώρηση για μετεωρολογική παλίρροια ύψους 0.6 (24 m προβλέπει η συστοιχία των αριθμητικών μοντέλων), ενώ το 70% των παραλιών προβλέπεται ότι θα οπισθοχωρήσουν περισσότερο από το μέγιστο πλάτος τους (Εικ. 4). Στην περίπτωση μακροχρόνιας ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά 1 m, το 97% θα οπισθοχωρήσουν κατά >50% του μέγιστου πλάτους τους και 87% περισσότερο από το μέγιστο πλάτος τους, σύμφωνα με τη μέγιστη οπισθοχώρηση (36 m) που προβλέπει η συστοιχία των αναλυτικών μοντέλων (Εικ. 4).

4. Συμπεράσματα/Συζήτηση

Η παρούσα μελέτη αποτελεί τη πρώτη προσπάθεια για μια γρήγορη εκτίμηση του κινδύνου διάβρωσης των νησιωτικών παραλιών του Αιγαίου Αρχιπελάγους κάτω από διαφορετικά σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Χρησιμοποιήθηκε η βάση παραλιακών χωρικών δεδομένων ΑΙΒΙ. Η σύγκριση των χωρικών χαρακτηριστικών των παραλιών (μέγιστο παραλιακό πλάτος) με τις εκτιμήσεις των μορφοδυναμικών μοντέλων έδειξε ότι τόσο οι βραχυχρόνιες (μετεωρολογικές παλίρροιες) όσο και οι μακροχρόνιες (μέχρι το 2100) μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης θα έχουν καταστροφικές συνέπειες στις παραλίες του Αιγαίου Αρχιπελάγους. Η παρούσα προσέγγιση εφαρμόζεται εύκολα και μπορεί να παρέχει μια πρώτη γρήγορη εκτίμηση του κινδύνου διάβρωσης, λόγω ανόδου της θαλάσσιας στάθμης.

5. Ευχαριστίες

Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) - Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: ΘΑΛΗΣ. Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.

6. Βιβλιογραφία

- Allenbach, K., Garonna, I., Herold, C., Monioudi, I., Giuliani, G. et al. 2014. Black Sea beach vulnerability to sea level rise. *Environmental science and policy*, 46, 95-109.
- Church, J.A., Clark, P.U., Cazenave, A., Gregory, J.M., Jevrejeva, S. et al. 2013. Sea level change. p. 1137-1216. In: *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K. et al. (eds). Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- Monioudi, I.N., Karditsa, A., Chatzipavlis, A., Alexandrakis, G., Andreadis, O.P. et al. 2014. Assessment of vulnerability of the eastern Cretan beaches (Greece) to sea level rise. *Regional Environmental Change*, doi: 10.1007/s10113-014-0730-9.
- Tsimplis, M.N. and Shaw, A.G.P. 2010. Seasonal sea level extremes in the Mediterranean Sea and at the Atlantic European coasts. *Natural Hazards and Earth Systems Science*, 10, 1457-1475.
- Ρήγος, Α., Κόκκορης, Γ.Δ., Βελεγράκης, Α.Φ., Χατζόπουλος, Ι.Ν., Ανδρεάδης, Ο. κ.ά. 2015. Δημιουργία του πρώτου Παραλιολογίου του Αιγαίου Αρχιπελάγους. Στο: *11^ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, 13-17 Μαΐου, 2015, Μυτιλήνη. Πρακτικά Συνεδρίου.*