

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΕΣΣΑΡΑΚΟΝΤΑΕΤΙΑΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΤΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ CEDAS

Α. Βαλαμίδης, Πολιτικός Μηχανικός, M.Sc., Μελετητής Λιμενικών και Υδραυλικών Έργων *¹

Α. Σαμαράς, Πολιτικός Μηχανικός, M.Sc., Υπ. Διδάκτορας Τ.Π.Μ. Α.Π.Θ. *²

Α. Γεωργουλός, Πολιτικός Μηχανικός, M.Sc., Υπ. Διδάκτορας Τ.Π.Μ. Δ.Π.Θ. *³

Χ. Κουτίτας, Καθηγητής Τ.Π.Μ. Α.Π.Θ. *²

Ν. Κωτσοβίνος, Καθηγητής Τ.Π.Μ. Δ.Π.Θ. *³

*¹ Ολυμπιάδος 38, 54633, Θεσσαλονίκη

*² Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος,
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών (Τ.Π.Μ.),
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.),
Πανεπιστημιούπολη, 54 124, Θεσσαλονίκη

*³ Τομέας Υδραυλικών Έργων,
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών (Τ.Π.Μ.),
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης (Δ.Π.Θ.),
Βασ. Σοφίας 12, 67 100, Ξάνθη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, επιχειρήσαμε μια πρόβλεψη της μεταβολής της ακτογραμμής στην ευρύτερη περιοχή του λιμένα της Αλεξανδρούπολης, σε βάθος χρόνου τεσσαρακονταετίας. Για το σκοπό αυτό έγινε χρήση του πακέτου λογισμικού CEDAS (Coastal Engineering Design and Analysis System) και συγκεκριμένα των αριθμητικών μοντέλων του συστήματος NEMOS (το NEMOS αποτελεί μέρος του λογισμικού CEDAS). Τα σημαντικότερα δεδομένα εισαγωγής, που αφορούν την υπό μελέτη περιοχή, στο σύστημα NEMOS ήταν: η τοπική βαθυμετρία, ο λιμένας Αλεξανδρούπολης, χρονοσειρές κυματικών δεδομένων σε βαθιά νερά, που προέρχονται από εφαρμογές του μοντέλου WAM για το Αιγαίο Πέλαγος που διενεργεί το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε., και θέσεις ιστορικών και σύγχρονων ακτογραμμών της υπό μελέτης περιοχής που προέκυψαν από επεξεργασία δορυφορικών εικόνων και μετρήσεων πεδίου. Οι εξαχθείσες ακτογραμμές χρησιμοποιούνται ως ακτογραμμές αναφοράς μέσω των οποίων πραγματοποιούνται οι έλεγχοι ευαισθησίας και η βαθμονόμηση των μοντέλων του NEMOS. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, καταδεικνύουν τα τμήματα της περιοχής μελέτης που προσχώνονται, όπως και αυτά που απειλούνται από διάβρωση.

PREDICTION OF SHORELINE CHANGE IN THE WIDER AREA OF ALEXANDROUPOLIS PORT, FORTY YEARS FROM TODAY, WITH THE USE OF CEDAS SOFTWARE

A. Valsamidis, Civil Engineer, M.Sc., Designer of Hydraulic and Coastal Constructions*¹

A. Samaras, Civil Engineer, M.Sc., Ph.D. Candidate, D.C.E., A.U.TH. *²

A. Georgoulas, Civil Engineer, M.Sc., Ph.D. Candidate, D.C.E., D.U.TH. *³

C. Koutitas, Professor, D.C.E., A.U.TH. *²

N. Kotsovinos, Assoc. Professor, D.C.E., D.U.TH. *³

*¹ Olymbiados 38, 54633, Thessaloniki

*² Division of Hydraulics and Environmental Engineering,
Department of Civil Engineering (D.C.E.),
Aristotle University of Thessaloniki (A.U.TH.),
University Campus, 54 124, Thessaloniki

*³ Division of Hydraulic Works,
Department of Civil Engineering (D.C.E.),
Democritus University of Thrace (D.U.TH.),
Vas. Sofias 12, 67 100, Xanthi

ABSTRACT

The scope of the present study was to predict the shoreline change in the wider area of the Port of Alexandroupolis, forty years from today. In order to achieve our goal, we used the commercial software package CEDAS (Coastal Engineering Design and Analysis System) and in particular, the numerical models of NEMOS (NEMOS is a part of CEDAS software). The most important input data (referring to the study area) for the numerical models of NEMOS were: bathymetric data, the port of Alexandroupolis, relative wave timeseries in deep water conditions which are application results of the model WAM performed for the Aegean Sea by H.C.M.R., and past and contemporary shorelines of the area which were produced by processing satellite images and field measurements. The extracted shorelines were used as reference shorelines in the sensitivity tests and the calibration of NEMOS models. The simulation results, show the parts of the study area which are under erosion and those which are under accretion.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Σήμερα, η Αλεξανδρούπολη μετατρέπεται σε ενεργειακό κόμβο και επίνειο μιας μεγάλης οικονομικής ενδοχώρας. Σύντομα δε, η πόλη αυτή πρόκειται να αποτελέσει την αφετηρία / απόληξη μεγάλων οδικών και σιδηροδρομικών δικτύων που θα διασχίζουν την Ευρώπη. Ο λιμένας της πρόκειται να εκβαθυνθεί, ώστε, να μπορεί να εξυπηρετεί μεγάλα εμπορικά πλοία. Σημειώνεται ότι παρά την νέα ικανοποιητική έκταση της λιμενολεκάνης, μετά από τα έργα της περιόδου 1995-2001, το βάθος του λιμένα σήμερα (2008) δεν υπερβαίνει τα 6m. Τέλος, η πόλη της Αλεξανδρούπολης αναμένεται να επεκταθεί, ιδίως κατά μήκος των δυτικών παραλιών της, όπου το φυσικό κάλλος της περιοχής, οι αμμώδεις παραλίες και η δυνατότητα εκτέλεσης θαλασσίων σπορ, έλκει πολλούς ανθρώπους (από την Ελλάδα και το εξωτερικό) να επιλέξουν για μόνιμη ή εξοχική κατοικία καθώς και για τουρισμό τη συγκεκριμένη περιοχή.

Στα πλαίσια αυτά, θεωρούμε ότι η ερευνητική μας εργασία που αποσκοπεί στην πρόβλεψη της μεταβολής της ακτογραμμής στην ευρύτερη περιοχή της Αλεξανδρούπολης, που θα έχει πραγματοποιηθεί μέχρι το έτος στόχο 2047, με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού, λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες (λιμένας της πόλης, κυματική δίαυτα κλπ), που ενδεχομένως ευθύνονται για τα φαινόμενα πρόσκωσης και διάβρωσης στην περιοχή, μπορεί, επιπλέον, να συντελέσει εποικοδομητικά, προς την κατεύθυνση μιας ορθολογιστικής στρατηγικής ανάπτυξης της περιοχής.

1.2 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης, συνολικού μήκους, περίπου, 12.5 km, περιλαμβάνει το λιμένα της Αλεξανδρούπολης και τις ακτές εκατέρωθέν του (Σχ.1). Προφανώς, ο λιμένας είναι η βασική ανθρωπογενής επέμβαση στην περιοχή που ρυθμίζει σε μεγάλο βαθμό την κυκλοφορία των φερτών και κατά συνέπεια και τη μεταβολή της μορφολογίας των ακτών.

2. ΑΝΑΦΟΡΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ CEDAS

2.1. ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ CEDAS

Από το πακέτο λογισμικού CEDAS (Coastal Engineering Design & Analysis System), το οποίο έχει αναπτυχθεί από την εταιρεία Veri-Tech, στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται το NEMOS. Το NEMOS (Nearshore Evolution Modeling System) είναι ένα σύνολο υπολογιστικών μοντέλων που λειτουργούν ως σύστημα με σκοπό την μακροπρόθεσμη περιγραφή της μεταβολής της ακτομορφολογίας υπό τη δράση των κυματισμών, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση τεχνικών έργων και άλλων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (π.χ. τεχνητός εμπλουτισμός ακτών). Το NEMOS αποτελείται από τα βασικά μοντέλα STWAVE (κυματικό μοντέλο) και GENESIS (μοντέλο μεταβολής ακτογραμμής), ενώ περιλαμβάνει και βοηθητικούς κώδικες για τη για την κατασκευή των



Σχήμα 1. Δορυφορική απεικόνιση της ευρύτερης περιοχής του Λιμένα Αλεξανδρούπολης (Πηγή: Google Earth)

Figure 1. Satellite image of the wider Alexandroupolis Port area (Google Maps, privately processed)

κανάβων, τη δημιουργία των αρχείων εισερχομένων δεδομένων και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων.

Το STWAVE (Steady-State Spectral Wave) είναι ένα φασματικό κυματικό μοντέλο το οποίο περιγράφει τους μηχανισμούς της ρήγωσης και της διάθλασης (τόσο όταν οφείλονται στη μεταβολή της βυθομετρίας όσο και όταν οφείλονται στην επίδραση των παράκτιων ρευμάτων), τους μηχανισμούς της θραύσης και της περίθλασης, αλλά και τη ανάπτυξη των ανεμογενών κυματισμών. Περιγράφει, επίσης, την ανακατανομή και απόσβεση της ενέργειας στις κορυφές των κυματισμών λόγω της δράσης του ανέμου. Το μοντέλο απαιτεί την ύπαρξη ενός κυματικού φάσματος για την προσομοίωση των οριακών συνθηκών προς την ανοιχτή θάλασσα και βασίζεται στην παραδοχή ότι οι σχετικές φάσεις των φασματικών συνιστωσών είναι τυχαίες, καθιστώντας αδύνατο -για το λόγο αυτό- τον εντοπισμό τους (“phase-averaged” model). Σε πρακτικές εφαρμογές, οι κυματικές πληροφορίες για το σύνολο του υπολογιστικού πεδίου δεν είναι γνωστές με τόση ακρίβεια ώστε να επιτρέπουν την εφαρμογή άλλου τύπου μοντέλων (“phase-resolving” models), τα οποία εφαρμόζονται σε περιπτώσεις που απαιτείται η αναλυτική περιγραφή των διακυμάνσεων του ύψους κύματος κοντά σε κατασκευές λόγω περίθλασης ή ανάκλασης (USACE, 1999).

Το GENESIS (Generalized Model for Simulating Shoreline Change) είναι ένα μοντέλο προσομοίωσης της μεταβολής της ακτογραμμής με δυνατότητα εισαγωγής σε αυτό παράκτιων ανθρωπογενών επεμβάσεων όπως π.χ. λιμενικών έργων. Οι αλλαγές που οφείλονται στην εγκάρσια στερεομεταφορά λόγω ακραίων συμβάντων ή εποχιακών

μεταβολών στο κυματικό κλίμα δεν περιγράφονται. Η παράλληλη στην ακτή στερεομεταφορά “Q” υπολογίζεται από την εμπειρική εξίσωση (USACE, 1989):

$$Q = \left(H^2 \cdot C_g \right)_b \cdot \left[a_1 \cdot \sin(2 \cdot \theta_{bs}) - a_2 \cdot \cos(\theta_{bs}) \cdot \frac{\partial H}{\partial x} \right]_b \quad (1)$$

όπου: “b” δείκτης που προσδιορίζει την κατάσταση της θραύσης, “H” το ύψος κύματος, “a₁” και “a₂” αδιάστατες παράμετροι εξαρτώμενες από χαρακτηριστικά του πεδίου και εμπειρικές παραμέτρους, “θ_{bs}” η γωνία των θραυόμενων κυματισμών ως προς την ακτογραμμή και “x” η απόσταση κατά μήκος αυτής. Οι βασικές παραδοχές που γίνονται σε αυτό το μοντέλο συνοψίζονται στις ακόλουθες: α) Σταθερό σχήμα του προφίλ της ακτής β) Σταθερά όρια του προφίλ αυτού προς την ξηρά και προς τη θάλασσα γ) Στερεομεταφορά οφειλόμενη μόνο στη δράση των λοξά θραυόμενων κυματισμών δ) Η αναλυτική δομή της κυκλοφορίας γύρω από κατασκευές αγνοείται ε) Ύπαρξη μακροχρόνιας τάσης στην εξέλιξη της ακτογραμμής. Η αρχή διατήρησης της μάζας τροποποιείται ώστε να περιγράψει το ρυθμό μεταβολής της ακτογραμμής στο μοντέλο μέσω της εξίσωσης (USACE, 1989):

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{D_B + D_C} \cdot \left(\frac{\partial Q}{\partial x} - q \right) = 0 \quad (2)$$

όπου: “y” η θέση της ακτογραμμής, “D_B” το ύψος του μετώπου της ακτής, “D_C” το βάθος ενεργούς στερεομεταφοράς και “q” η ειδική στερεοπαροχή πηγής/παγίδας φερτών υλών.

2.2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Για την εφαρμογή των αριθμητικών μοντέλων του συστήματος NEMOS είναι απαραίτητη η γνώση της βυθομετρίας και των κυματικών χαρακτηριστικών του πεδίου. Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά εξάχθηκαν από χάρτες της Υδρογραφικής Υπηρεσία του Ναυτικού (βυθομετρία), παράλληλα με την επεξεργασία αεροφωτογραφιών, δορυφορικών εικόνων και μετρήσεων πεδίου για την εξαγωγή ιστορικών και σύγχρονων ακτογραμμών στις περιοχές ενδιαφέροντος.

Συγκεκριμένα, η εξαγωγή της θέσης της ακτογραμμής, για το έτος 2001, έγινε με τη βοήθεια δορυφορικών εικόνων ως εξής: Στο πρώτο στάδιο δημιουργούνται τα σχηματικά πολύγωνα (shape files) που καθορίζουν τις υπό μελέτη περιοχές και επιλέγονται οι ακατέργαστες δορυφορικές εικόνες αρχείου QuickBird από το έτος 2002, οι οποίες εμπεριέχουν τις περιοχές που καθορίζονται από τα πολύγωνα. Η χωρική ανάλυση των εικόνων που χρησιμοποιούνται είναι 0.6 m. Στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιείται η ορθοαναγωγή των δορυφορικών εικόνων έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι παραμορφώσεις των πρωτογενών δεδομένων. Η διαδικασία ορθοαναγωγής μιας QuickBird δορυφορικής εικόνας, υλοποιείται χρήσει του λογισμικού “LPS 8.7”. Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο πραγματοποιείται η ψηφιακή επεξεργασία των ορθοδιορθωμένων εικόνων και η εξαγωγή της θέσης της ακτογραμμής. Η διαδικασία υλοποιείται χρήσει του προγράμματος ArcMap του λογισμικού Arc GIS Desktop 9.2 (ESRI, 2007).

Αντίστοιχα, η εξαγωγή της θέσης της ακτογραμμής, στην περιοχή μελέτης για το έτος 2007, έγινε με τοπογραφικές μετρήσεις τις οποίες πραγματοποίησε η ερευνητική ομάδα. Οι εν λόγω μετρήσεις πραγματοποιούνται με την βοήθεια ενός συστήματος D-GPS υψηλής ανάλυσης, το οποίο αποτελείται από δυο δέκτες GPS, ένα στατικό δέκτη ο οποίος τοποθετείται σε κάποιο από τα εγκατεστημένα τριγωνομετρικά σημεία της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και έναν κινούμενο δέκτη ο οποίος αποτυπώνει την ακτογραμμή στο πεδίο. Τα αποτυπωμένα σημεία κατά μήκος της ακτογραμμής που καταγράφονται από τον κινούμενο δέκτη, μετατρέπονται κατόπιν κατάλληλης επεξεργασίας σε αρχεία μορφής “*.dwg” του σχεδιαστικού προγράμματος AutoCAD της εταιρείας Autodesk. Η σύγκριση των ακτογραμμών εξασφαλίζεται μέσω της μεταφοράς των δεδομένων στο ίδιο σύστημα συντεταγμένων με αυτό των δορυφορικών εικόνων (ΕΓΣΑ 87), (Γεωργουλός Α., 2008).

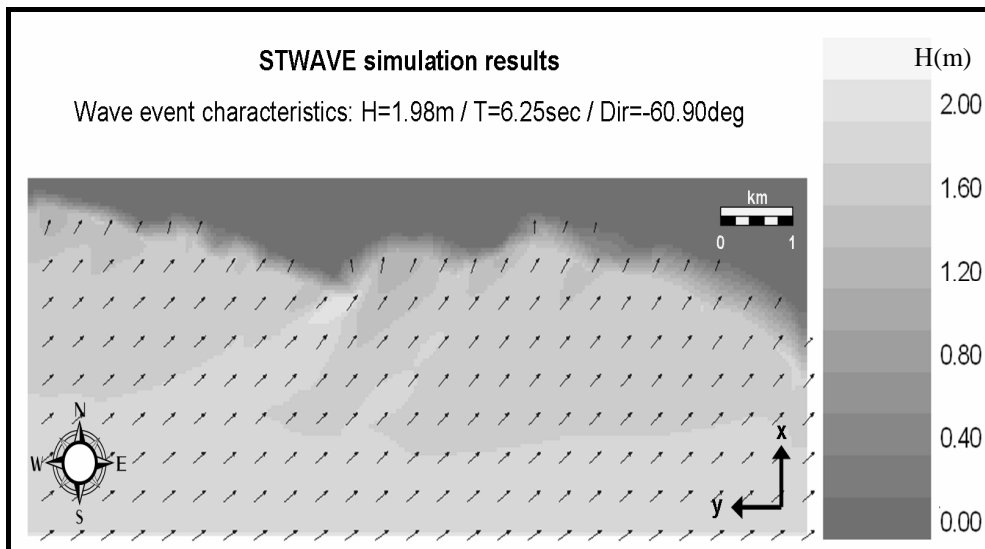
Όσον αφορά τα κυματικά χαρακτηριστικά, χρησιμοποιήθηκαν χρονοσειρές σημαντικού ύψους, περιόδου και διεύθυνσης κύματος για την χρονική περίοδο από τον Ιανουάριο του 1995 μέχρι το Δεκέμβριο του 2004. Επρόκειτο για διορθωμένα και βαθμονομημένα αποτελέσματα αριθμητικών μοντέλων που έχουν αναπτυχθεί από Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών, για την προαναφερθείσα περίοδο και με χρονικό βήμα καταγραφής 3 ώρες. Οι χρονοσειρές αντιστοιχούσαν σε 15 θέσεις κατά μήκος του νότιου ορίου της παράκτιας περιοχής Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, μεταξύ της νήσου Θάσου και του ποταμού Έβρου. Επίσης από τον Οργανισμό Λιμένα Αλεξανδρούπολης λάβαμε οριζοντιογραφία που παρουσιάζει με ακρίβεια τη θέση του λιμένα. Τα παραπάνω στοιχεία εισήγαμε στο GENESIS. Για την κατάλληλη βαθμονόμηση του τελευταίου, τρέξαμε δοκιμαστικά το μοντέλο αρκετές φορές. Οι παράμετροι που λάβαμε υπόψη μας σε αυτές τις δοκιμές ως μεταβλητές, ήταν: α) η μέση διάμετρος κόκκου των φερτών υλικών “ D_{50} ” που κυμάνθηκε από 0.1mm έως 0.4mm, β) το ύψος μετώπου ακτής “ d_b ” (berm height) που κυμαινόταν από 1.0m έως 2.0m, γ) το βάθος του ενεργού προφίλ (closure depth) “ d_c ” που κυμαινόταν από 6.0m έως 8.0m και δ) οι συντελεστές βαθμονόμησης του μοντέλου GENESIS “ K_1 ” και “ K_2 ” που κυμάνθηκαν από 0.1 έως 0.80 και από 0.13 έως 0.60 αντίστοιχα.

Οι τιμές που τελικά επιλέχθηκαν για τις παραπάνω μεταβλητές ήταν: $D_{50} = 0.21\text{mm}$, $d_b = 1.0\text{m}$, $d_c = 7.0\text{m}$, $K_1 = 0.10$ και $K_2 = 0.13$, έτσι, ώστε να προσομοιάσουμε σωστά τη μεταβολή της ακτογραμμής στην υπό μελέτη περιοχή μεταξύ των ετών: 2001 και 2007, δεδομένου ότι για αυτά τα έτη έχουμε υπολογίσει με τους προαναφερθέντες τρόπους την θέση της ακτογραμμής στην περιοχή μελέτης. Αφού ορίστηκαν οι προαναφερθείσες παράμετροι, τρέξαμε το GENESIS θεωρώντας ως έτος αφετηρία το 2007 και διαδοχικά έτη στόχους της προσομοίωσής μας τα εξής: 2027, 2037 και 2047, ώστε να έχουμε μια εικόνα της σταδιακής μεταβολής της ακτογραμμής στην περιοχή μελέτης.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Στο Σχ.2 φαίνονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής του κυματικού μοντέλου STWAVE, στην περιοχή μελέτης για ένα χαρακτηριστικό κυματικό γεγονός που αντιστοιχεί σε ένα κατευθυντικό φάσμα από τα 29 συνολικά που δημιουργήθηκαν μετά



Σχήμα 2. Πεδίο ύψους και διανυσμάτων κατεύθυνσης κύματος για χαρακτηριστικά κυματικού γεγονότος $H=1.98\text{m}$ / $T=9.09\text{sec}$ / $\text{Dir}=12.35\text{deg}$
Figure 2. Wave height contours and wave direction vector field for simulated wave event characteristics $H=1.98\text{m}$ / $T=6.25\text{sec}$ / $\text{Dir}=-60.90\text{deg}$

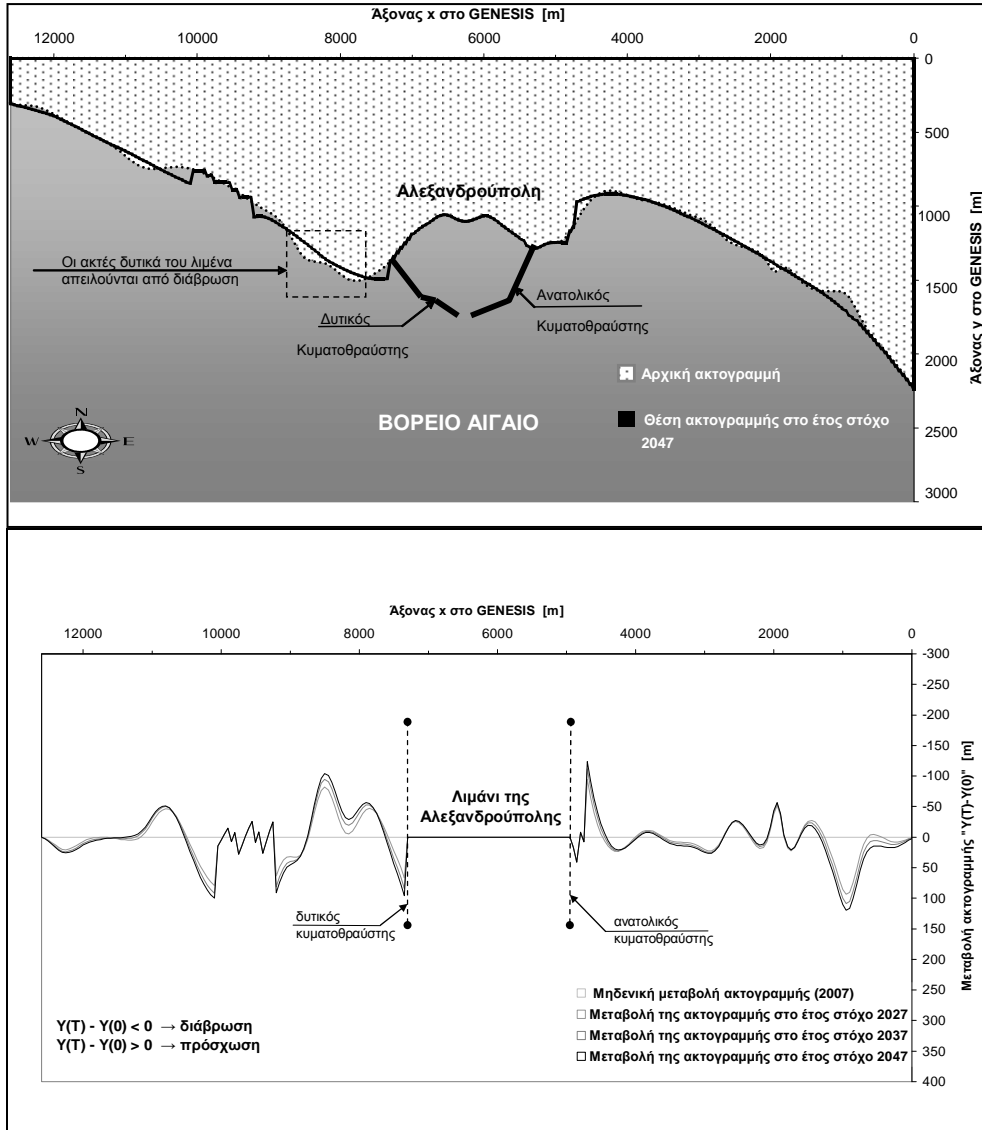
από κατάλληλη ομαδοποίηση των κυματικών γεγονότων. Το φαινόμενο διάθλασης και περίθλασης των κυματισμών είναι εμφανές κοντά στις ακτές.

3.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ

Στο Σχ.3 φαίνονται τα αποτελέσματα από τη χρήση του μοντέλου GENESIS.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δείχνουν ότι υπάρχουν κάποιες περιοχές που τελούν υπό πρόσκωση, ενώ κάποιες άλλες υπό διάβρωση, συνεπώς, δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι υπάρχει μια συγκεκριμένη τάση πρόσκωσης / διάβρωσης στην περιοχή. Παρόλα αυτά, ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στις ακτές δυτικά του Λιμένα της



Σχήμα 3. Μεταβολή της ακτογραμμής και ποσοτικοποίηση της στην ευρύτερη περιοχή του λιμένα της Αλεξανδρούπολης για προσομοίωση 40 ετών χρήσει του μοντέλου GENESIS
Figure 3. Shoreline change and its quantification at the wider area of Alexandroupolis Port for a 40-year simulation using GENESIS model

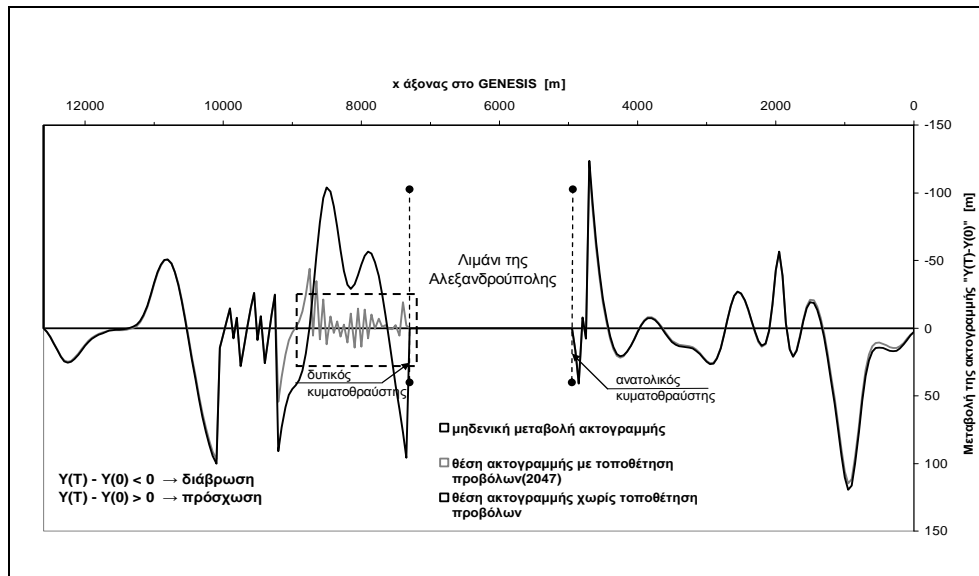


Σχήμα 4. Φωτογραφία από τις ακτές δυτικά της Αλεξανδρούπολης (Σωλήνας που εκβάλλει στη θάλασσα αποκαλύφθηκε λόγω του φαινομένου της διάβρωσης)
Figure 4. Photo of western coasts of Alexandroupolis: Pipe which discharges into the sea is uncovered due to the phenomenon of erosion

Αλεξανδρούπολης, (Σχ. 3 και 4) , στην περιοχή Χιλής, όπου το μοντέλο υπολογίζει μια έντονη τάση διάβρωσης, η οποία βρίσκεται σε συμφωνία με τις παρατηρήσεις. Το μοντέλο προβλέπει ότι η ακτογραμμή σε μια περιοχή περίπου δυο χιλιομέτρων θα έχει υποχωρήσει μέχρι το έτος 2047 από 30m έως 100m. Αν λάβουμε υπόψη μας ότι η απειλούμενη περιοχή είναι μια ανεπτυγμένη οικονομικά περιοχή της Αλεξανδρούπολης, που περιλαμβάνει παραλιακούς δρόμους, πολυτελή ξενοδοχεία, και πολλές άλλες ιδιοκτησίες δίπλα στη θάλασσα, είναι σαφές ότι θα πρέπει να ληφθούν μέτρα προκειμένου να προστατευτεί αυτή η περιοχή από το φαινόμενο της διάβρωσης.

Ενδεικτικά, αναφέρουμε ότι αν τοποθετηθεί ένα σύστημα εγκάρσιων προβόλων ανά 100m, κατά μήκος των ακτών που γειτνιάζουν με το δυτική πλευρά του λιμένα και σε μήκος 1500m, έτσι, ώστε τελικά, να τοποθετηθούν 14 πρόβολοι, τότε η ακτογραμμή διατηρεί τη σημερινή της θέση και ο κίνδυνος διάβρωσης απομακρύνεται, σύμφωνα με την προσομοίωση που κάναμε για 40 χρόνια στο GENESIS (Σχ.5). Βέβαια, η εύρεση της κατάλληλης μεθόδου για την προστασία των προαναφερθέντων ακτών είναι ένα θέμα που ξεφεύγει από τα πλαίσια της παρούσας εργασίας, και το θίγουμε μόνο για περαιτέρω προβληματισμό.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί, ότι η επίδραση των φερτών από το Δέλτα του ποταμού Έβρου δεν ελήφθη υπόψη στην εκτίμηση της κυκλοφορίας φερτών στην γειτονιά του λιμένα της Αλεξανδρούπολης και παραμένει αντικείμενο έρευνας μελλοντικών εργασιών.



Σχήμα 5. GENESIS: Θεωρούμε ότι οι ακτές που περιλαμβάνονται στο ορθογώνιο με τις διακεκομμένες γραμμές, έχουν ενισχυθεί με εγκάρσιους προβόλους.

Figure 5.: GENESIS: We consider that groins are imposed at the shorelines which are included in the rectangle with the discontinuous lines.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γεωργουλός Αναστάσιος 2008, "Χρονική εξέλιξη της θέσης της ακτογραμμής σε περιοχές της περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, με χρήση αεροφωτογραφιών, δορυφορικών εικόνων και τοπογραφικών μετρήσεων D-GPS", Τεχνική Έκθεση με αριθμό T-3-2008 , Α' Εργαστήριο Υδραυλικής και Υδραυλικών Έργων ΔΠΘ.

ESRI. (2007). "ArcGIS Desktop Help 9.2". Διαθέσιμο από:

<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2>.

Google Maps. Διαθέσιμο από: <http://www.maps.google.com>.

U.S. Army Corps of Engineers (USACE). (1989). "GENESIS: Generalized model for simulating shoreline change". Report 1 - Technical Reference. U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C.

U.S. Army Corps of Engineers (USACE). (1999). "STWAVE: Steady-State Spectral Wave Model". Report 1 - User's Manual for STWAVE Version 2.0. U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η έρευνα ενισχύθηκε οικονομικά από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα BEACHMED-E (2006-2008). Ο Α. Σαμαράς είναι Υπότροφος του Κοινοφελούς Ιδρύματος Αλέξανδρος Σ. Νάσης.