

Εκτίμηση της τρωτότητας των ακτών της νήσου Νισύρου

Καναβού, Β.¹, Πούλος, Σ.¹, Πετράκης, Σ.¹, Κυριακόπουλος, Κ.¹, Σταμούλης, Κ.²

¹Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, vickykanav@gmail.com, poulos@geol.uoa.gr, spetrakis@geol.uoa.gr, ckiriako@geol.uoa.gr

²Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, kstamoul@cc.uoi.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία γίνεται εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας της νήσου Νισύρου με τη χρήση του δείκτη παράκτιας τρωτότητας (CVI) των Hammar-Klose & Thieler (2001), ο οποίος βασίζεται στον υπολογισμό των παραμέτρων της παράκτιας γεωμορφολογίας, της παράκτιας κλίσης, της σχετικής μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης, της μετατόπισης της ακτογραμμής, του μέσου σημαντικού ύψους κύματος και του παλιρροιακού εύρους. Για να εφαρμοστεί ο δείκτης και κατ' επέκταση η τρωτότητα, η ακτογραμμή της νήσου χωρίστηκε σε επιμέρους τμήματα με βάση τη παράκτια γεωμορφολογία και ακολούθως υπολογίστηκαν οι μεταβλητές και οι τιμές του δείκτη για καθένα από αυτά. Εφαρμόζοντας την προαναφερθείσα μεθοδολογία, προέκυψε ότι στο 98.1% της ακτογραμμής της Νισύρου (28.25 km), η τιμή της τρωτότητας είναι χαμηλή έως μέση ενώ μόνο στο 1.9% (0.55 km) η τιμή της τρωτότητας είναι μέση έως υψηλή. Οι διαφορετικές τιμές του δείκτη εξαρτώνται από τη σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης.

Λέξεις κλειδιά: δείκτης παράκτιας τρωτότητας, ακτογραμμή Νισύρου

Assessment of the coastal vulnerability index of Nisyros island

Kanavou, V.¹, Poulos, S.¹, Petrakis, S.¹, Kyriakopoulos, K.¹, Stamoulis, K.²

¹Department of Geology and Geoenvironment, National and Kapodistrian University of Athens, vickykanav@gmail.com, poulos@geol.uoa.gr, spetrakis@geol.uoa.gr, ckiriako@geol.uoa.gr

²Department of Physics, University of Ioannina, kstamoul@cc.uoi.gr

Abstract

The aim of the current study is the assessment of the coastal vulnerability of Nisyros Island with the use Hammar-Klose & Thieler (2001) of a Coastal Vulnerability Index that includes geomorphology, coastal slope, relative sea-level change, horizontal displacement of the coastline, significant wave height and tidal range. The coastline of Nisyros Island was divided into sectors, according to its coastal morphology, and subsequently the partial values of the index have been calculated. According to the derived values, the larger part of the coastline, 28.25 km of length, (corresponding the 98.1% of the island's coastline) is characterized by low to moderate vulnerability, whereas the remaining (0.55 km/1.9%) presents moderate up to high vulnerability, in response to different scenarios of relative sea-level change.

Keywords: coastal vulnerability index, Nisyros coastline

1. Εισαγωγή

Η νήσος Νίσυρος ανήκει στο ανατολικό τμήμα του ηφαιστειακού τόξου του Νοτίου Αιγαίου μαζί με τα νησιά Κως και Γυαλί, με την ηφαιστειακή δραστηριότητα να ξεκινά στο Πλειστόκαινο (0.16 Ma) (Keller et al., 1990). Το κυριότερο μορφολογικό χαρακτηριστικό του νησιού είναι το κωνικό σχήμα με την εντυπωσιακή καлдέρα διαμέτρου 4 km αλλά και το ορεινό ανάγλυφο, με απόκρημνες και δύσβατες ακτές (κυρίως οι Δ και ΝΑ).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση της τρωτότητας των ακτών της νήσου Νισύρου για διαφορετικά σενάρια ανόδου της σχετικής μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης με την εφαρμογή του δείκτη παράκτιας τρωτότητας (CVI) των Hammar-Klose & Thieler (2001) ο οποίος περιλαμβάνει γεωμορφολογικές και ωκεανογραφικές μεταβλητές.

2. Υλικά και μέθοδοι

Ο δείκτης παράκτιας τρωτότητας (CVI: coastal vulnerability index) των Hammar-Klose & Thieler (2001) μαθηματικά εκφράζεται από την τετραγωνική ρίζα του γεωμετρικού μέσου όρου έξι (6) μεταβλητών (βλ. εξίσωση 1).

$$CVI = \sqrt{a * b * c * d * e * f / 6} \quad (\text{Εξ. 1})$$

όπου a: η παράκτια γεωμορφολογία, b: η μεταβολή (οπισθοχώρηση-προέλαση) της ακτογραμμής, c: η παράκτια κλίση, d: η σχετική άνοδος της θαλάσσιας στάθμης, e: το μέσο σημαντικό ύψος του κύματος και f: το παλιρροιακό εύρος. Η κάθε μεταβλητή βαθμονομείται από 1 έως 5 με βάση τον πίνακα ταξινόμησης των μεταβλητών της τρωτότητας κατά Pendleton et al. (2004). Τα όρια κάθε κλάσης τρωτότητας είναι: πολύ χαμηλή (<0.4), χαμηλή (0.4-3.3), μέση (3.3-11), υψηλή (11-26) και πολύ υψηλή (>26).

Η παράμετρος της παράκτιας γεωμορφολογίας κατηγοριοποιήθηκε με βάση τον Πίνακα των Pendleton et al. (2004) και η περιοχή της Νισύρου διαιρέθηκε σε επιμέρους τμήματα.

Η μεταβλητή της παράκτιας κλίσης για τις παραλιακές περιοχές, υπολογίστηκε με βάση το ανώτατο υψομετρικό όριο τους.

Η οριζόντια μεταβολή της ακτογραμμής υπολογίστηκε από τις διαφορές μεταξύ των ακτογραμμών των περιόδων 1972-2000 και 2013. Η ακτογραμμή 1972 και 2000 προέρχεται από τοπογραφικά διαγράμματα 1:5000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ). Η ακτογραμμή 2000 προέκυψε από διορθώσεις της ακτογραμμής του 1972 με βάση την εικόνα IKONOS 2000. Τέλος, η ακτογραμμή του 2013 εξήχθη από την αντίστοιχη εικόνα GoogleEarth. Όλα τα υπόβαθρα των ακτογραμμών γεωαναφέρθηκαν και μετρήθηκε η κάθετη απόστασή τους με τη βοήθεια λογισμικού GIS, ενώ ως βάση σε κάθε εικόνα τοποθετήθηκε ο ορθοφωτοχάρτης (2007-2009) από το Κτηματολόγιο ΑΕ.

Τα στοιχεία για τη σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης συλλέχθηκαν από την εργασία των Stiros et al. (2005), για τη μελέτη της ανύψωσης της νήσου κατά το Αν. Ολόκαινο.

Το μέσο σημαντικό ύψος κύματος που χρησιμοποιείται για τον παράγοντα της κυματικής ενέργειας, δίδεται από τον Άτλαντα Ανέμου και Κύματος των Ελληνικών Θαλασσών (Soukissian et al., 2007).

Τέλος, για τον υπολογισμό του παλιρροιακού εύρους χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από την εργασία που αφορά την αστρονομική παλίρροια στις ελληνικές θάλασσες του Tsimplis (1994) για να είναι οι υπολογισμοί σύμφωνοι με την αντίστοιχη παράμετρο του δείκτη που αφορά μόνο την αστρονομική παλίρροια.

3. Αποτελέσματα/Συζήτηση

Οι περιοχές με ακτές με μέση έως μεγάλη κλίση είναι από τον Όρμο Κάτερο και κάβο Αγ. Ειρήνης έως ΝΑ της Νικιάς, Α και ΒΑ του Εμπορείου και τα Λουτρά, το Μανδράκι και το Ακ. Κανόνι. Οι περιοχές με αμμώδεις ακτές είναι οι Πάλιοι και η Παχιά Άμμος ενώ το βόρειο τμήμα της Παναγίας Σπηλιανής κοντά στο Μανδράκι έχει ακτή με βότσαλα ή κροκάλες με αποτέλεσμα η τρωτότητα να διακρίνεται από χαμηλή σε περιοχές με μέσου ύψους/κλίσης κρημνούς έως πολύ υψηλή σε αμμώδεις ακτές.



Εικ. 1. Γραφική απεικόνιση των περιοχών της Νισύρου με βάση τα ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά και κατηγοριοποίηση της CVI.

Όσον αφορά τη μεταβλητή της παράκτιας κλίσης, η τρωτότητα κυμαίνεται από πολύ χαμηλή στις περιοχές: Όρμος Κάτερος, Αυλάκι, ΝΑ Νικιάς, Α Εμπορειού, Λουτρά, Ακ.Κανόνι, Πάλιοι και Παναγία Σπηλιανή με τις τιμές να κυμαίνονται από 2% έως 7.37% έως χαμηλή στις περιοχές ΒΑ της Νισύρου, κοντά στον Κάβο της Αγ. Ειρήνης και Μανδράκι με τις τιμές παράκτιας κλίσης από 0.6-1.1% με εξαίρεση την περιοχή της Παχιάς Άμμους όπου η τρωτότητα είναι υψηλή με τιμή κλίσης 0.25%.

Για τη μεταβλητή της μεταβολής της ακτογραμμής παρατηρούμε ότι η κύρια διεργασία είναι η οπισθοχώρηση και έτσι η τρωτότητα κυμαίνεται από μέση έως πολύ υψηλή με τιμές μεταβολής από +0.6 m/a έως -13.9 m/a με εξαίρεση την περιοχή των Πάλων όπου η τρωτότητα είναι πολύ χαμηλή λόγω προέλασης με τιμή μεταβολής της ακτογραμμής +10.9 m/a.

Σχετικά με την σχετική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης (ΑΘΣ) υπάρχουν δυο πιθανά σενάρια:

1) Η Νίσυρος να είναι τεκτονικά σταθερή και η ΑΘΣ ≤ 1 mm/a (Lambeck, 1996; Roulos et al., 2009) τότε η τρωτότητα είναι πολύ χαμηλή (υποπερίπτωση 1α), ενώ αν η ΑΘΣ ≥ 3.5 mm/a (Parry et al., 2007) τότε η τρωτότητα είναι πολύ υψηλή (υποπερίπτωση 1β) εφόσον οι τιμές της ΑΘΣ είναι ≤ 1 mm/a και ≥ 3.5 mm/a, για κάθε περίπτωση αντίστοιχα και

2) Η Νίσυρος να ανυψώνεται τεκτονικά κατά 1.7 mm/a (Stiros et al., 2005) και η ΑΘΣ ≤ 1 mm/a (Lambeck, 1996; Roulos et al., 2009) τότε η τρωτότητα είναι πολύ χαμηλή (υποπερίπτωση 2α) αφού η τιμή της ΑΘΣ είναι 0.7 mm/a, ενώ εάν η ΑΘΣ ≥ 3.5 mm/a (υποπερίπτωση 2β) λόγω κλιματικής αλλαγής (Parry et al., 2007), τότε η τρωτότητα κυμαίνεται από πολύ χαμηλή έως χαμηλή εφόσον η τιμή της ΑΘΣ είναι 1.8 mm/a.

Η μεταβλητή του ετήσιου σημαντικού ύψους κύματος ανήκει στην κατηγορία 1 (<1 m) της πολύ χαμηλής τρωτότητας καθώς το μέσο σημαντικό ύψος κύματος είναι 0.4 m.

Τέλος, για τη μεταβλητή του παλιρροιακού εύρους, η τρωτότητα είναι πολύ υψηλή (<1 m) αφού η περιοχή εμφανίζει παλιρροιακό εύρος <20 cm.

4. Συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής συμπεραίνουμε ότι στο μεγαλύτερο τμήμα της ακτογραμμής της Νισύρου 25.3 km (87.8%) και συγκεκριμένα οι περιοχές Όρμος Κάτερος, Αυλάκι, ΝΑ Νικιάς, Α Εμπορειού, Πάλιοι, Λουτρά, Μανδράκι και Ακ. Κανόνι, η τιμή της τρωτότητας είναι χαμηλή στην περίπτωση που η ΑΘΣ είναι ≤ 1 mm/a και η Νίσυρος παραμένει σταθερή ή ανυψώνεται με ρυθμό 1.7 mm/a (1α και 2α σενάριο), και μέση στην περίπτωση που η Νίσυρος παραμένει σταθερή με ρυθμό ΑΘΣ ≥ 3.5 mm/a (1β). Ακόμα, στις περιοχές της ΒΑ Νισύρου δηλαδή στα 2.95 km (10.2%) της ακτογραμμής, η τιμή της τρωτότητας είναι μέση σύμφωνα και με τα 2 σενάρια. Στο σενάριο 2β (η Νίσυρος ανυψώνεται με ρυθμό 1.7 mm/a και η ΑΘΣ ≥ 3.5 mm/a τότε το 61.42% της ακτογραμμής (περιοχές Όρμος Κάτερος, Αυλάκι, ΝΑ Νικιάς, Α Εμπορειού και Πάλιοι) έχει χαμηλή και το 36.6% (περιοχές Λουτρά, Μανδράκι και Ακ. Κανόνι) μέση τρωτότητα, ενώ επιπλέον, μόνο το 1.9% της ακτογραμμής (περιοχή Παχιά Άμμος) παρουσιάζει μέση τρωτότητα στην περίπτωση του σεναρίου 1α και 2α, η οποία γίνεται υψηλή στην περίπτωση των σεναρίων 1β και 2β.

Από τις μεταβλητές του δείκτη, η γεωμορφολογία, η παράκτια κλίση και οι διαφορετικοί ρυθμοί ΑΘΣ φαίνεται να παίζουν τον κύριο ρόλο στη διαμόρφωση της παράκτιας τρωτότητας.

5. Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία υποστηρίζεται από το πρόγραμμα BEACHTOUR (11ΣΥΝ-8-1466) του επιχειρησιακού προγράμματος «Συνεργασία 2011, Ανταγωνιστικότητα και Επιχειρηματικότητα», το οποίο συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και το Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων. Ευχαριστούμε τον Ειδικό Λογαριασμό Κονδυλίων Έρευνας για την κάλυψη μέρους της έρευνας με κωδικό 11078.

6. Βιβλιογραφία

- Hammar-Klose, E.S. and Thieler, E.R. 2001. Coastal vulnerability to sea-level rise, a preliminary database for the U.S. Atlantic, Pacific, and Gulf of Mexico coasts. Digital Data Series 2001-68, U.S. Geological Survey, Woodshole, 1 CD-ROM.
- Keller, J., Rehnen, T.H. and Stadlbauer, E. 1990. Explosive volcanism in the Hellenic arc. A summary and review. p. 13-26. In: *3rd Scientific Congress Thera and the Aegean World III, 3-9 September, 1989, Santorini, Greece. Earth Sciences, Vol. 2.*
- Lambeck, K. 1996. Sea level changes and shoreline evolution in Aegean Greece since Upper Paleolithic time. *Antiquity*, 70, 588-611.
- Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E. (eds). 2007. *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, 982 pp.
- Pendleton, E., Williams, S., and Thieler, E.R. 2004. *Coastal vulnerability assessment of Assateague Island National Seashore (ASIS) to sea-level rise.* Open-file report 2004-1020, U.S. Geological Survey, Woods Hole, 20 pp.
- Poulos, S.E., Ghionis, G. and Maroukian, H. 2009. Sea-level rise trend in the Attico-Cycladic region (Aegean Sea) during the last 5000 years. *Geomorphology*, 107, 10-17.
- Soukiasian, T., Hatsinaki, M., Korres, G., Papadopoulos, A., Kallos, G. et al. 2007. *Wind and wave atlas of the Hellenic Seas.* Hellenic Centre for Marine Research, Athens, 300 pp.
- Stiros, S.C., Pirazzoli, P.A., Fortugne, M., Arnold, M. and Vougioukalakis, G. 2005. Late-Holocene coastal uplift in the Nisyros volcano (SE Aegean Sea): Evidence for a new phase of slow intrusive activity. p.217-225. In: *The South Aegean active volcanic arc - Present knowledge and future perspectives.* Fytikas, M. and Vougioukalakis, G.E. (eds). *Developments in Volcanology, Vol. 7,* Elsevier B.V., Amsterdam.
- Tsimplis, M.N. 1994. Tidal oscillations in the Aegean and Ionian Seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 39 (2), 201-208.