

ΥΠΕΡΕΤΗΣΙΕΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΣΤΟ ΑΙΓΑΙΟ ΚΑΙ ΙΟΝΙΟ ΠΕΛΑΓΟΣ

Π. Δρακόπουλος & Α. Λασκαράτος
Εργαστήριο Μετεωρολογίας Πανεπιστήμιο Αθήνας

ABSTRACT

Drakopoulos, P. & A. Lascaratos, 1993. Interannual variability of the sea level in the Aegean and Ionian Seas. Proc. 4th Natl. Symp. Oceanogr. Fish., pp. 180-183.

The interannual variability of the sea level in the Aegean and Ionian Seas has been studied by examining tidal gauges monthly values from 1969 to 1989. The interannual variability was found to consist of a 2.5 yr (QBO) component, a 4-5 yr (ENSO) component and mostly of a red possibly aperiodic component (80% of variance). Multiple regression indicated that the atmospheric forcing (pressure and wind stress) could account for up to 54% of the sea-level variance. Common feature for the aperiodic component of all stations was found to be high sea-level during maxima of solar activity. An EOF analysis of the trend time series indicated a low of this pattern in central Aegean.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη του μηχανισμού μεταβολής της στάθμης της θάλασσας σε χρονικές κλίμακες μεγαλύτερες του ενός έτους, έχει αποκτήσει τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη σημασία. Ο κύριος λόγος είναι η πιθανή επίδραση στη στάθμη ανθρωπογενών παραγόντων (π.χ. φαινόμενο του θερμοκηπίου) και συνεπώς μία καλύτερη κατανόηση των μηχανισμών αλληλεπίδρασης ατμόσφαιρας και θάλασσας μπορεί να οδηγήσει σε δυνατότητα πρόβλεψης των τάσεων στην απεριοδική μεταβολή της στάθμης. Η αλληλεπίδραση ατμόσφαιρας-θάλασσας που εμφανίζεται σε μηνιαίες και εποχικές χρονικές κλίμακες συνδέεται γενικά με τη χρονικά μικρή μεταβλητότητα στην ατμόσφαιρα ή με την εποχική διέγερση του συστήματος ατμόσφαιρα-ωκεανός. Σε υπερετήσιες χρονικές κλίμακες, δεν υπάρχουν ισχυρές εξωτερικές διεγέρσεις αυτού του συστήματος και έτσι οι διάφορες μεταβολές πρέπει να προέρχονται από εσωτερικές αλληλεπιδράσεις με πολλές θετικές και αρνητικές αντιδράσεις. Λόγω της πολυπλοκότητας αυτών των μηχανισμών, η στατιστική ανάλυση ιστορικών δεδομένων της

στάθμης θάλασσας μπορεί να βοηθήσει στη βαθύτερη κατανόηση τους.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Σε αυτή τη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν μηνιαίες τιμές στάθμης από 13 παλιρροιογράφους της ΥΥ/ΠΝ που καλύπτουν τη περίοδο 1969-1989, μηνιαίες τιμές ατμοσφαιρικής πίεσης από τους αντίστοιχους σταθμούς της ΕΜΥ και μηνιαίες τιμές ανέμου, θερμοκρασίας επιφάνειας θάλασσας και εξάτμισης από τη βάση δεδομένων COADS για την ίδια χρονική περίοδο.

ΑΝΑΛΥΣΗ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το ισχυρό εποχικό σήμα που ήταν παρόν σε όλες τις χρονοσειρές, αφαιρέθηκε με ένα τριγωνικό φίλτρο 23 βαρών. Φασματική ανάλυση των χρονοσειρών με τη μέθοδο της μέγιστης εντροπίας (MEM) έδειξε ότι η περισσότερη μεταβλητότητα της στάθμης της θάλασσας αντιπροσωπεύει χρονικές κλίμακες μεγαλύτερες των 5 ετών. Χαρακτηριστικές περίοδοι που αναγνωρίστηκαν ήταν αυτές των 2.5 ετών (QBO) και των 4-5 ετών που

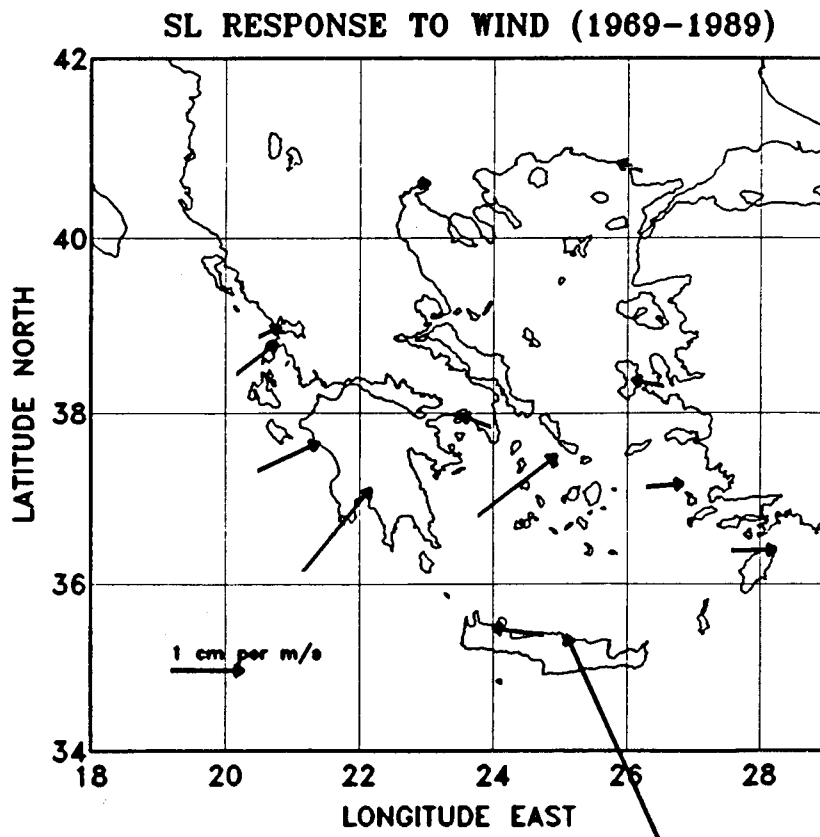
συσχετίζεται με το φαινόμενο ENSO.

Για να μελετηθεί η επίδραση της ατμοσφαιρικής διέγερσης στη στάθμη της θάλασσας, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της πολλαπλής παλινδρόμησης στο πεδίο του χρόνου, Thomson (1986). Η ατμοσφαιρική διέγερση παραμετροποιήθηκε με την πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας και την ανατολική και βόρεια συνιστώσα του ανέμου. Για όσους σταθμούς δεν υπήρχαν μετεωρολογικά δεδομένα αυτά υπολογίστηκαν από διπλανούς σταθμούς με γραμμική παρεμβολή. Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης συνοψίζονται στις τρεις πρώτες στήλες του Πίνακα 1.

Στην πρώτη στήλη αναγράφεται η απόκριση της στάθμης της θάλασσας στην ατμοσφαιρική πίεση. Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι μη ισοστατική. Αυτό πιθανώς οφείλεται στους μηχανισμούς ανάδρασης που είναι κυρίαρχοι σε υπερετήσιες χρονικές κλίμακες. Στη δεύτερη στήλη παρατίθεται η απόκριση στον άνεμο (μέτρο και διεύθυνση). Το μέτρο της απόκρισης αντανακλά μόνιμες επιδράσεις της ανεμογενούς κυκλοφορίας στη στάθμη της

θάλασσας. Η διεύθυνση της απόκρισης είναι εκείνη στην οποία μεγιστοποιείται η απόκριση της στάθμης στην διέγερση του ανέμου και για τις περισσότερες περιπτώσεις είναι κάθετη στη ακτογραμμή (σχημ. 1).

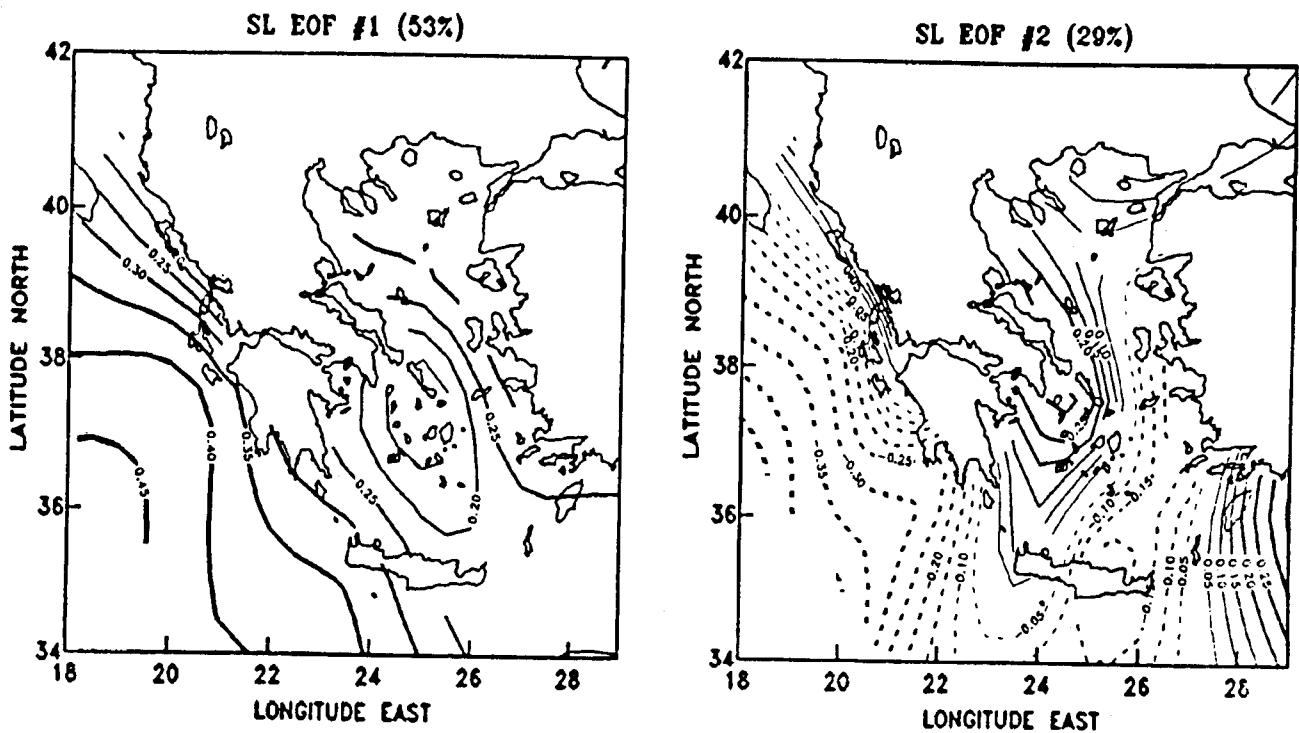
| Πίνακας 1 | | | | |
|----------------|----------------------|-----------------------|----------|-----------------|
| Σταθμός | απ. πίεση (mb/cm) | απ. άνεμο (m/s/cm) | ο (%) | τάση (mm/yr) |
| Αλεξανδρούπολη | -0.3 | 0.3(161) | 14 | +0 |
| Ηράκλειο | -3.9 | 3.8(115) | 25 | +4 |
| Καλαμάτα | +0.5 | 1.5(050) | 30 | +5 |
| Κατάκολο | -1.7 | 0.9(024) | 44 | +1 |
| Λευκάδα | -0.8 | 0.7(037) | 25 | +4 |
| Λέρος | -0.0 | 0.5(005) | 01 | +2 |
| Πειραιάς | -2.7 | 0.5(161) | 39 | -1 |
| Πρέβεζα | -1.1 | 0.3(023) | 36 | -2 |
| Σούδα | -4.5 | 0.7(162) | 47 | +1 |
| Θεσσαλονίκη | -1.4 | 0.1(114) | 11 | +2 |
| Σύρος | -4.7 | 1.4(037) | 54 | -2 |
| Χίος | -0.8 | 0.4(168) | 25 | +5 |
| Ρόδος | -1.8 | 0.6(001) | 57 | -0 |



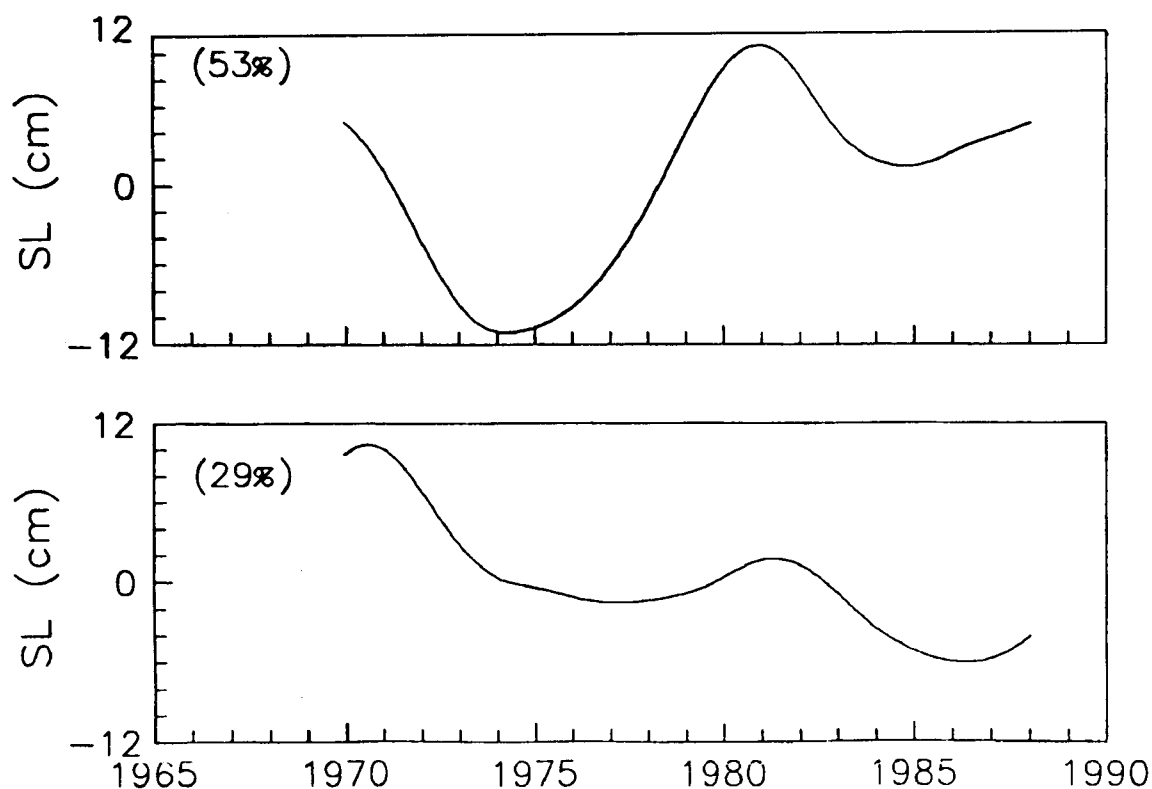
Σχήμα 1: Απόκριση στάθμης στον άνεμο.

Τέλος στην τρίτη στήλη του Πίνακα 1 αναγράφεται το ποσοστό διασποράς των χρονοσειρών της στάθμης που οφείλεται στην ατμοσφαιρική διέγερση. Βλέπουμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό είναι 57% για τη Ρόδο με μέση τιμή περίπου 35%. Ένα μέρος της υπόλοιπης διασποράς οφείλεται στη μεταβολή της τοπικής πυκνότητας του θαλάσσιου νερού (steric effect π.χ. Lascaratos, 1989). Πυκνότερα νερά αντιπροσωπεύουν χαμηλότερη στάθμη. Επειδή η πυκνότητα είναι πιο ευαίσθητη στις μεταβολές θερμοκρασίας, η μεταβλητότητα της θερμοκρασίας επιφάνειας στάθμης είναι μία καλή παράμετρος για την περιγραφή των μεταβολών της πυκνότητας. Συσχετισμός της επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας (με δεδομένα από τη βάση δεδομένων COADS) με τα υπόλοιπα των χρονοσειρών μετά την πολλαπλή παλινδρόμηση, αύξησε το μέσο ποσοστό διασποράς που μπορεί να ερμηνευθεί σε 50%. Η μέση τιμή της απόκρισης στην θερμοκρασία βρέθηκε να είναι 5 οC/cm περίπου.

Για να υπολογιστεί η καθαρά απериοδική τάση της στάθμης, εφαρμόστηκε η φασματική μέθοδος Singular Spectrum (SSA) που είναι κατάλληλη για ανάλυση μικρών χρονοσειρών μη γραμμικών συστημάτων. Οι δύο κύριες συνιστώσες που περιγράφουν την απериοδική τάση για κάθε χρονοσειρά αντιπροσωπεύουν πάνω από το 80% της μεταβλητότητας. Γραμμική παλινδρόμηση σε αυτές τις συνιστώσες έδωσε τη γραμμική τάση για τα την εικοσαετία που εξετάζεται. Τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης συνοψίζονται στη τελευταία στήλη του Πίνακα 1. Βλέπουμε ότι οι περιοχές της Καλαμάτας, Ηρακλείου και Χίου έχουν ισχυρή τάση ανύψωσης στάθμης (5 mm/year) και η Σύρος τάση πτώσης (-2 mm/year). Αξιοσημείωτο είναι ότι οι τιμές αυτής της ανάλυσης συμφωνούν αρκετά με τα διορθωμένα αποτελέσματα των Flemming και Woodworth (1988), όπου για να αυξηθεί ο συσχετισμός με αρχαιολογικά δεδομένα υπέθεσαν ad hoc ότι το Κατάκολο βυθίζεται με ρυθμό 3.5 mm/yr.



Σχήμα 2: Χωρική κατανομή των 2 πρώτων EOF της απериοδικής τάσης της θαλάσσιας στάθμης.



Σχήμα 3: Χρονική κατανομή των 2 πρώτων PC της απεριοδικής τάσης της θαλάσσιας στάθμης.

Για να ανευρεθεί πιθανή χωρική συσχέτιση των απεριοδικών τάσεων, εφαρμόστηκε η μέθοδος των εμπειρικών ορθογώνιων συναρτήσεων (EOF) στα αποτελέσματα SSA. Ο πρώτος τρόπος αντιπροσωπεύει το 53% της μεταβλητότητας, όλοι οι σταθμοί είναι είναι σε φάση και το ελάχιστο εντοπίζεται στο κεντρικό Αιγαίο (σχήμα 2).

Η χρονική του εξέλιξη χαρακτηρίζεται από μεταβλητότητα με μέγιστα το 1970, 1980 και πιθανώς το 1990, χρονιές μέγιστης ηλιακής ενέργειας (σχήμα 3). Ο δεύτερος τρόπος (29%) περιγράφει περιοχές με θετική ή αρνητική τάση (σχ. 2,3). Περιέχει κυρίως τις τάσεις που μπορούν να συσχετιστούν με κινήσεις του στερεού φλοιού.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η μελέτη αυτή έγινε στα πλαίσια του προγράμματος EPOCH της ΕΟΚ. Ευχαριστούμε την ΥΥ/ΠΝ και την ΕΜΥ για την παραχώρηση πρόσβασης στις χρονοσειρές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Flemming N.C. & P.L Woodworth, 1988. Monthly mean sea levels in Greece during 1969-1983 compared to relative vertical land movements measured over different timescales. *Tectonophysics*, 148: 59-62.
- Lascaratou A., 1989. Interannual variations of sea level and their relation to other oceanographic parameters. *Bollet. ocean. teor. ed applicat.*, 7: 317-321.
- Thomson K.R., 1986. North Atlantic sea-level and circulation., *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 87: 15-32.