

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΡΗΧΩΝ
ΝΕΡΩΝ: ΓΟΥΒΕΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ.**

Π. Νάστος¹, Π. Δρακόπουλος² Γ. Γκιώνης¹ και Σ. Πούλος¹

¹ Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Τομέας Γεωγραφίας και Κλιματολογίας, Πανεπιστημιούπολη, Ζωγράφου, 15784 Αθήνα.

² Τ.Ε.Ι.: Αθηνών, Τμήμα Οπτικής, Αγ. Σπυρίδωνος, ΤΚ. 122 10, Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια του προγράμματος ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ Ι (Παν/μιο Αθηνών) πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις υψηλής συχνότητας των ατμοσφαιρικών και ωκεανογραφικών παραμέτρων στη ζώνη του αιγιαλού στο νομό Ηρακλείου Κρήτης (θέση Γούβες) με σκοπό την ενημέρωση και προστασία των λουομένων και τη συλλογή περιβαλλοντικών δεδομένων που είναι απαραίτητα για την ορθολογική διαχείριση της παράκτιας ζώνης. Με βάση τα καταγεγραμμένα στοιχεία μελετήθηκε η σχέση της ημερήσιας μεταβολής της επιφανειακής (-0,5 m) θερμοκρασίας της θάλασσας (SST) με τις μεταβολές των μετεωρολογικών παραμέτρων, από όπου προέκυψε ότι η διαμόρφωση της ημερήσιας διακύμανσης της SST οφείλεται σε ποσοστό 95% στη συνδυασμένη δράση της θερμοκρασίας του αέρα, της ταχύτητας και της διεύθυνσης του πνέοντος ανέμου, της βαρομετρικής πίεσης και της υπεριώδους ακτινοβολίας. Από τις προαναφερόμενες παραμέτρους πλέον σημαντική βρέθηκε να είναι η συνεισφορά της υπεριώδους ακτινοβολίας, γεγονός που την αναδεικνύει σε πρωτεύοντα παράγοντα, λόγω και της παρατηρούμενης μείωσης του στρατοσφαιρικού όζοντος.

Λέξεις κλειδιά: Θερμοκρασία επιφάνειας θάλασσας, υπεριώδης ακτινοβολία

**A STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE SEA SURFACE
TEMPERATURE AND METEOROLOGICAL PARAMETERS IN THE SHALLOW
WATER CONDITIONS.**

ABSTRACT

In the frame of program PYTHAGORAS I (Univ. of Athens), high frequency measurements of atmospheric and oceanographic parameters were realised in the nearshore area of the prefecture of Heraklion Crete (location Gouves beach); the aim was to inform and protect the swimmers and to collect environmental data valuable for coastal management. On the basis of the recorded data, the diurnal variation of the sea surface (-0.5 m) temperature has been studied in relation to prevailing meteorological conditions. It has been found that the daily fluctuation of SST in percentage 95% was due to the combined action of air temperature, wind speed and direction, barometric pressure and solar and UV radiation. Moreover, the most important of the aforementioned parameters was found to be the contribution of UV radiation. This fact is of particular interest, as UV is associated to the observed reduction of stratospheric ozone due to the human factor.

Keywords: sea surface temperature, UV radiation

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία στο Αιγαίο Πέλαγος κυμαίνεται από περίπου 13°C τον χειμώνα στο βόρειο μέχρι και >24°C στο νότιο Αιγαίο (Poulos et al., 1996). Είναι δε γνωστό ότι διαμορφώνεται σε εποχική κλίμακα με βάση τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, όπου πρωτεύοντα ρόλο παίζει η ατμοσφαιρική θερμοκρασία (Theocharatos & Tselupidaki, 1990). Επίσης οι Βλαχάκης κ.α. (1992) και Vlahakis & Pollatou (1993) μελετώντας την επίδραση της θερμοκρασίας του αέρα στην θερμοκρασία της επιφάνειας θάλασσας σε παράκτιες περιοχές της Ελλάδος έδειξαν ότι οι μεταβολές της θερμοκρασίας αέρα και επιφάνειας θάλασσας συμβαίνουν σχεδόν ταυτόχρονα στο Αιγαίο με μικρές εξαιρέσεις (Μήλος, Πειραιάς, Καλαμάτα) όπου παρατηρείται η κατά ένα μήνα υστέρηση της μεταβολής της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας σε σχέση με αυτή της ατμόσφαιρας. Οι προαναφερόμενες εργασίες αναφέρονται σε μέσες μηνιαίες τιμές στην ανοικτή θάλασσα και όχι στις παραλίες όπου οι τοπικοί γεωμορφολογικοί και υδροδυναμικοί παράγοντες αναμένεται να διαφοροποιούν σημαντικά τις τιμές της ανοικτής θαλάσσης.

Στην εργασία αυτή γίνεται προσπάθεια να μελετηθεί η 24ωρη διακύμανση της επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας, σε ρηχά νερά, σε σχέση με τις τοπικές ατμοσφαιρικές παραμέτρους, όπως είναι η θερμοκρασία του αέρα, η ταχύτητα και η διεύθυνση του πνέοντος ανέμου, η βαρομετρική πίεση, η ολική ηλιακή και υπεριώδης ακτινοβολία.

ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Οι μετρήσεις μεγάλης συχνότητας πραγματοποιήθηκαν στη παραλία Γουβών του Νομού Ηρακλείου Κρήτης και έγιναν με μετρητική διάταξη που έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του Προγράμματος Πυθαγόρας του Πανεπιστημίου Αθηνών και η οποία για μεν τη θαλάσσια θερμοκρασία περιλαμβάνει ένα αισθητήρα της

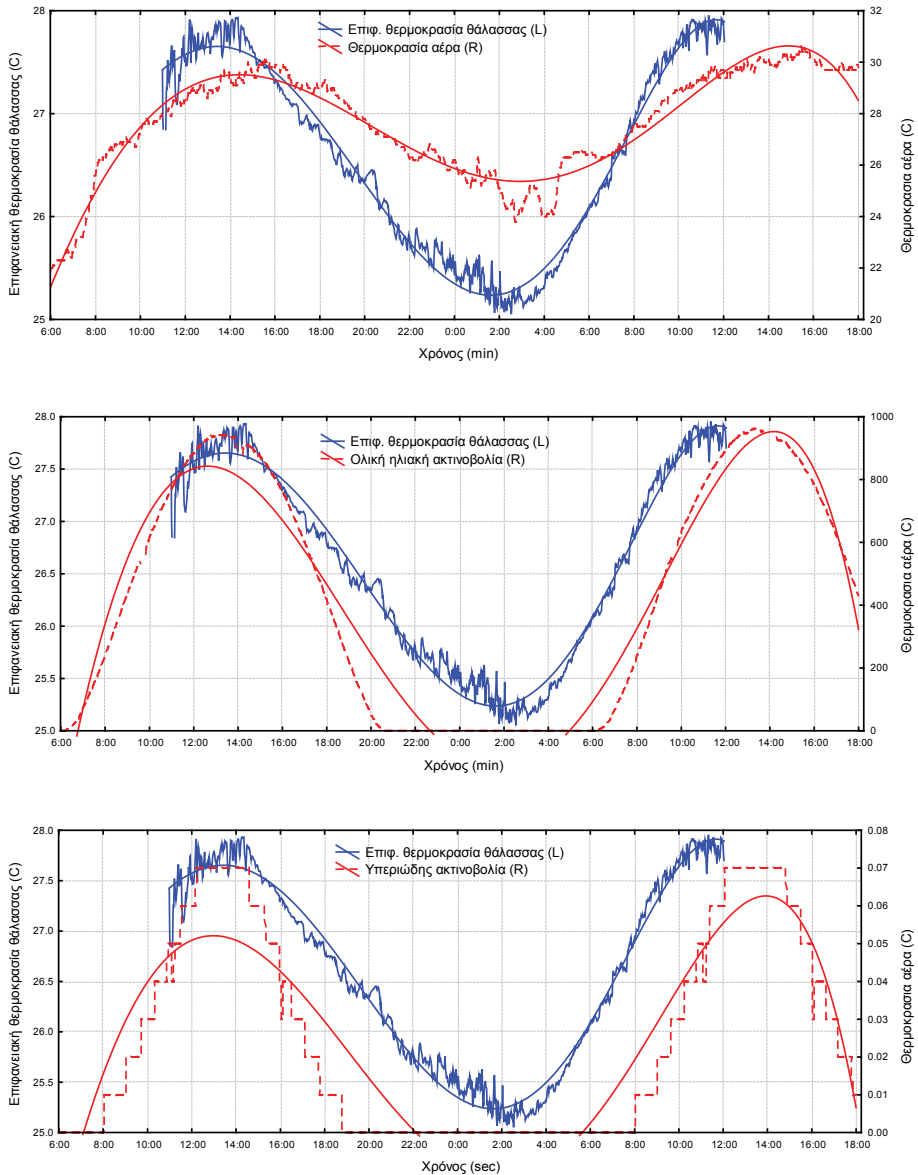
AQUAMATIC, για δε τις ατμοσφαιρικές παραμέτρους αισθητήρες της DAVIS. Οι μετρήσεις που παρουσιάζονται κατωτέρω, αφορούν το χρονικό διάστημα από 06:00h της 18/7/2005 ως 18:00h της 19/7/2005 με βήμα δειγματοληψίας 1 min. Για τη συσχέτιση των χρονοσειρών των εξεταζομένων μεταβλητών εφαρμόστηκε η Stepwise Regression Analysis.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο Σχήμα 1, παρουσιάζεται η συνδιακύμανση της επιφανειακής θερμοκρασίας θάλασσας (SST) με τη θερμοκρασία αέρα (T_a), την ολική ηλιακή ακτινοβολία και την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Μέσα στον ημερήσιο κύκλο, η διακύμανση της SST δεν ξεπερνά τους 3°C, ενώ η αντίστοιχη διακύμανση της T_a φτάνει τους 10°C. Η θερμοκρασία του αέρα παίρνει τη μέγιστη τιμή της μετά 2 ώρες περίπου από το μέγιστο της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας ενώ η υστέρηση αυτή μειώνεται σε περίπου 1 ώρα όσον αφορά την θερμοκρασία επιφάνειας θάλασσας. Η σχετικά μεγαλύτερη υστέρηση στη θερμοκρασία του αέρα οφείλεται στον χρόνο εδραίωσης του μηχανισμού της θερμικής μεταφοράς από την γήινη επιφάνεια προς την ατμόσφαιρα. Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι το τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από 200-400 nm, και επειδή έχει μεγάλη ενέργεια διεισδύει σε αρκετό βάθος μέσα στην θάλασσα [UV-B (280-320 nm): 30 m, UV-A (320-400 nm): 60m], προκαλώντας βιολογικές επιπτώσεις στους θαλάσσιους μικροοργανισμούς.

Οι μεταβολές της βαρομετρικής πίεσης και της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας μέσα στον ημερήσιο κύκλο, έχουν πολύ μικρή συνεισφορά στη μεταβλητότητα της επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας.

Για την διερεύνηση της σχέσης μεταξύ SST και μετεωρολογικών παραμέτρων εφαρμόστηκε η Stepwise Regression Analysis, με εξαρτημένη μεταβλητή την SST, ανεξάρτητες συνεχείς μεταβλητές τις εξεταζόμενες μετεωρολογικές παραμέτρους και κατηγοριοποιημένη ανεξάρ-



Σχήμα 1. Σύγχρονη διακύμανση της επιφανειακής θερμοκρασίας θάλασσας με την θερμοκρασία αέρα, την ολική ακτινοβολία και την υπεριώδη ακτινοβολία (χρονικό διάστημα μέτρησης: 1 min), μαζί με πολωνυμικές καμπύλες προσαρμογής 5ου βαθμού, από 6:00 στις 18 Ιουλίου μέχρι 18:00 στις 19 Ιουλίου 2005.

Figure 1. Simultaneous fluctuation of sea surface temperature with the air temperature, the total radiation and the UV radiation (measurement time interval: 1 min), along with the polynomial fitting of 5th degree, from 6:00 on 18 July up to 18:00 on 19 July 2005.

Πίνακας 1. Αποτελέσματα της Stepwise regression Analysis
Table 1. Results of the Stepwise regression Analysis

$$\begin{aligned} \text{Sea surface temperature} = & -203.261 + 0.301 * \text{Air temperature} + 0.044 * \text{Wind speed} + \\ & 0.217 * \text{Barometric pressure} + 13.018 * \text{UV Dose} - 0.308 * \text{Wind direction}(45^\circ) - 0.079 * \text{Wind} \\ & \text{direction}(135^\circ) - 0.084 * \text{Wind direction}(157^\circ) - 0.122 * \text{Wind direction}(180^\circ) - 0.081 * \text{Wind} \\ & \text{direction}(202^\circ) - 0.102 * \text{Wind direction}(225^\circ) + 0.012 * \text{Wind direction}(247^\circ) + 0.196 * \text{Wind} \\ & \text{direction}(270^\circ) + 0.179 * \text{Wind direction}(292^\circ) + 0.183 * \text{Wind direction}(315^\circ) + 0.015 * \text{Wind} \\ & \text{direction}(337^\circ) \\ (R^2 = 0.95) \end{aligned}$$

τητη μεταβλητή την διεύθυνση του ανέμου. Τα αποτελέσματα της Stepwise Regression Analysis έδειξαν στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας (SST) και θερμοκρασίας αέρα (T_a), έντασης ανέμου (WS), βαρομετρικής πίεσης (BP) και υπεριώδους ακτινοβολίας (UV). Η συμμετοχή της UV στην διαμόρφωση της SST είναι πολύ σημαντική συγκρινόμενη με εκείνη των άλλων μετεωρολογικών μεταβλητών.

Επίσης, η διεύθυνση του ανέμου, η οποία εξετάστηκε σαν κατηγοριοποιημένη μεταβλητή, επιδρά στατιστικά σημαντικά στην διαμόρφωση της SST, όσον αφορά την πνοή ανέμου από νοτιοδυτικές έως βορειοδυτικές διευθύνσεις. Η ερμηνεύσιμη ολική μεταβλητότητα της SST, με τη χρήση του γραμμικού μοντέλου (Πίνακας 1) φτάνει το 95%. Η χρονοσειρά δεδομένων, που χρησιμοποιήθηκε ήταν πολύ περιορισμένη (η διάρκεια του πειράματος ήταν 24 ώρες), και πιθανότατα δεν επιτρέπεται η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, τουλάχιστον σε ότι αφορά την διεύθυνση του ανέμου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την προηγηθείσα ανάλυση προέκυψε ότι η ημερήσια διακύμανση της επιφανειακής θερμοκρασίας θάλασσας ερμηνεύεται σε ποσοστό 95% από την θερμοκρασία του αέρα, την ταχύτητα του ανέμου, την βαρομετρική πίεση, την υπεριώδη ακτινοβολία και την διεύθυνση του ανέμου. Πολύ σημαντική είναι η συνεισφορά της υπεριώδους ακτινοβολίας στην διαμόρφω-

ση της SST, γεγονός που την αναδεικνύει σε καθοριστικό παράγοντα, δεδομένης της παρατηρούμενης μείωσης του στρατοσφαιρικού όζοντος, εξαιτίας κυρίως ανθρωπογενών δραστηριοτήτων.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία έγινε στα πλαίσια του έργου ΠΥΘΑΓΟΡΑΣ (κωδικός υποέργου ΕΛΚΕ 70/3/7296) που συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και Εθνικούς Πόρους (ΕΠΕΑΕΚ II). Οι συγγραφείς ευχαριστούν θερμά τους ανωτέρω φορείς για την υποστήριξη αυτή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Poulos S.E., Drakopoulos P. and Collins M.B., 1996. Seasonal fluctuations in sea surface temperature, water budgets and circulation patterns in the Aegean Sea (eastern Mediterranean): an overview *Journal of Marine Systems*, 13(1-4), 225-244.
- Theoharatos G.A. and Tselepidaki I.G., 1990. The Temperature of the Sea-Surface in the Region of the Aegean and its Relation to Air Temperature. *Theoretical Applied Climatology*, 42, 117-119.
- Βλαχάκης Γ.Ν., Νάστος Π.Θ., Πολλάτου Ρ.Σ., 1992. Συμβολή στη μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας του αέρα στη θερμοκρασία της επιφάνειας θάλασσας σε παράκτιες περιοχές της Ελλάδος. Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας

και Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Θεσσαλονίκη
1992, σελ. 155-162.
Vlahakis G.N. and Pollatou R.S., 1993. Tem-
poral Variability and Spatial Distribution

of Sea Surface Temperatures in the Aegean
Sea. Theoretical Applied Climatology, 47,
15-23.