

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 7^{ΗΣ} ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 1972

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΓΡΗΓ. ΚΑΣΙΜΑΤΗ

ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ ΜΕΛΟΥΣ ΚΑΙ ΜΗ ΜΕΛΩΝ

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ.—Γενεσιουργός θερμοβαθμίας τῆς θαλασσίας αὐρας καὶ ὑπαρξίς ἐιδικῆς τινος ἐκδηλώσεως τοῦ φαινομένου, ὑπὸ Ἰωάν. Δ. Ζαμπάκα*. Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Ἡλ. Μαριολοπούλου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ἡ γνωστὴ θαλασσία αὐρα (Θ. Α., τροπαία, μπάτης) εἶναι παράκτιος τοπικὸς ἄνεμος ὀφειλόμενος εἰς τὴν θερμομετρικὴν διαφορὰν ξηρᾶς - θαλάσσης καὶ ἀνήκει εἰς τὴν γενικωτέραν κατηγορίαν τῶν τοπικῶν ἀνέμων, λόγῳ διαφορικῆς θερμάνσεως τοῦ ἐδάφους. Πλείστοι ἐρευνηταὶ ἡσχολήθησαν μὲ τὸ φαινόμενον τοῦτο (6) θεωρητικῶς τε καὶ πρακτικῶς. Ἡ παρατήρησις ἔδειξεν ὅτι τὰ ἐπιφανειακὰ στρώματα τῆς ξηρᾶς πρέπει νὰ ἔχουν ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν τῶν ἀντιστοίχων τῆς γειτονικῆς θαλάσσης καὶ εἶναι γενικῶς παραδεδεγμένον ὅτι τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὴν μεταφορὰν θερμότητος πρὸς τὰ κάτω ἐντὸς τῆς θαλάσσης διὰ τυρβώδους μίξεως, προκαλουμένης ὑπὸ τοῦ ἀνέμου καὶ τῶν κυμάτων. Εἰς τὴν παροῦσαν ἐργασίαν ἀποδεικνύεται ὀρθὴ καὶ θεωρητικῶς ἢ ἀνωτέρω παραδοχὴ, προσέτι δὲ ἐπισημαίνεται, ἐπίσης θεωρητικῶς, ἡ ὑπαρξίς ἐιδικῆς τινος ἐκδηλώσεως τοῦ φαινομένου, ἥτοι ἡ ὑπαρξίς ἐιδικοῦ τύπου Θ. Α., μὴ ταξινομηθείσης μέχρι τοῦδε, μακρὰν σχετικῶς τῆς παραλίας ἐκδηλουμένης.

* JOHN D. ZAMBAKAS, Temperature gradient engendering sea-breeze circulation and a special kind of sea-breeze.

1. Έρμηνεία γενέσεως τῆς θερμοβαθμίδος

Πρὸς ἀπόδειξιν τῆς ἀνωτέρω παραδοχῆς ἃς θεωρήσωμεν δύο κατακορύφους στήλας μοναδιαίας καθέτου τομῆς καὶ ἀρχικῶς εὗρισκομένης εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, ἦτοι :

α) Ἡ μία στήλη ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ πλέον πυκνοῦ ὕλικου τοῦ ἀπαντωμένου εἰς ἱκανοποιητικὴν ἔκτασιν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς ξηρᾶς, μὲ τὴν μικροτέραν εἰδικὴν θερμότητα καὶ πρόσφορον συντελεστὴν μοριακῆς θερμικῆς ἀγωγιμότητος διὰ βελτίστην ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας τῆς ξηρᾶς καὶ συνεπῶς ἀρίστας συνθήκας ἐμφανίσεως τοῦ φαινομένου. Ἐν τοιοῦτον ἀμμῶδες ὕλικόν, ἐκ τῶν μετεωρολογικῶν πινάκων τοῦ Smithsonian Institution (2) ἔχει πυκνότητα $\rho_s = 1,78 \text{ gr.cm}^{-3}$ εἰδικὴν θερμότητα $C_s = 0.33 \text{ cal. gr}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ καὶ μοριακὴν θερμικὴν ἀγωγιμότητα $K_s = 0.0022 \text{ cal. cm}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$.

β) Ἡ ἑτέρα τῶν στηλῶν εἶναι προφανῶς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ μὲ ἀντίστοιχα στοιχεῖα :

$$\rho_w = 1 \text{ gr.cm}^{-3}, C_w = 1 \text{ cal. gr}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \text{ καὶ } K_w = 0.0014 \text{ cal. cm}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}.$$

Ὑποθέτοντες πρὸς στιγμὴν ὅτι δὲν ἔχομεν ἀγωγιμότητα καὶ τυρβώδη ἀνάμιξιν, τῶν στηλῶν διατεθειμένων μὲ τὴν κορυφὴν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας καὶ ἐκτεινομένων πρὸς τὰ κάτω, αἱ ἀντίστοιχοι αὐξήσεις Δt_s καὶ Δt_w τῆς ἐπιφανειακῆς θερμοκρασίας αὐτῶν, ὑπὸ σταθερὰν προφανῶς ἐξωτερικὴν προσφορὰν θερμότητος Q καὶ εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον, θὰ παρέχωνται ὑπὸ τῶν σχέσεων :

$$\frac{\Delta t_s}{\Delta t_w} = \frac{Q \rho_w C_w}{Q \rho_s C_s} = \frac{\rho_w C_w}{\rho_s C_s} = \frac{1 \times 1}{0.33 \times 1.78} = \frac{1}{0.5874} \approx \frac{1}{0.6}.$$

Ὁ λόγος ἥδη τῶν μοριακῶν θερμικῶν ἀγωγιμοτήτων αὐτῶν, τῆς ἀγωγιμότητος οὗσης ἐν δράσει, εἶναι $\frac{K_s}{K_w} = \frac{0.0022}{0.0014} = \frac{22}{14} \approx \frac{1}{0.6}$ καὶ συνεπῶς ἡ θέρμανσις καὶ ἡ μοριακὴ ἀγωγιμότης μόνον δίδουν $\Delta t_s = \Delta t_w$.

Ἀποκλειομένων οὕτω τῶν δύο τούτων διαδικασιῶν, ἀπομένει μόνον πρὸς θερμομετρικὴν διαφόρισιν τῶν ὕλικῶν ἡ τυρβώδης ἀνάμιξις τοῦ ἐπιφανειακοῦ ὕδατος μὲ τὰ κατώτερα αὐτοῦ ψυχρότερα στρώματα, διὰ τοῦ ἀνέμου καὶ τῶν κυμάτων.

Ὁ αὐτὸς ὑπολογισμὸς καὶ δι' ἕτερα ὕλικά ἔδωσεν πάντοτε συγκρίσιμα Δt_s καὶ Δt_w ἢ Δt_s ὀλίγον μικρότερον τοῦ Δt_w , ὁπότε εἰς τὴν δευτέραν περιπτῶσιν θὰ ἔπρεπε νὰ συνεχίζηται ἡ νυκτερινὴ ἀπόγειος αὔρα.

Κατὰ τοὺς ἀνωτέρω ὑπολογισμοὺς δὲν ἐλήφθη ὑπ' ὄψιν ἡ ἐντὸς τοῦ ὕδατος (κατὰ βάθος) εἰσερχομένη θερμότης διὰ τῆς διεισδύσεως τῆς ἡλιακῆς ἀκτινοβολίας, διότι ἡ θερμικὴ ἀκτινοβολία (μεγάλα μήκη κύματος) ἀπορροφεῖται εἰς τὴν ἐπιφανειακὴν στιβάδα (καὶ 1 cm εἶναι ἱκανοποιητικὸν πάχος) καὶ τὸ ἀμελητέον ποσοστὸν θερμότητος, τὸ ἀπορροφούμενον εἰς μεγαλύτερα βάθη, ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς διαφόρου ἀνακλαστικότητος (albedo) ξηρᾶς - θαλάσσης (τὰ διάφορα εἶδη ἐδάφους παρουσιάζουν albedo 5 - 15%, ἐνῶ τοῦ ὕδατος 3 - 8%).

2. Ψευδο-θαλασσία αὔρα

Εἰς ἀρχικῶς ἡρεμοῦσαν ἀτμόσφαιραν, κατὰ μίαν αἰθρίαν, κατὰ κανόνα, ἡμέραν, τὸ ὑπεράνω τῆς ξηρᾶς παρεδάφιον στρώμα τοῦ ἀέρος θερμαινόμενον διαστέλλεται καὶ ἀνυψώνει τὴν ὅλην ἀτμόσφαιραν ὑπεράνω αὐτοῦ καί, κατὰ τοὺς ὑπολογισμοὺς [(3), (4), (5)], ἀκριβῶς ὡς ἐὰν τὸ ἔδαφος ἀνήρχετο δι' ἀνυψωτικῆς μηχανῆς κατὰ 10 m περίπου. Οὕτω, μία ἀσθενὴς ($10 - 20 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$) καὶ μὴ κλειστὴ (Irrotational), εὐρείας κλίμακος (3000 - 5000 km) κίνησις δημιουργεῖται ἐκ τῆς ξηρᾶς πρὸς τὴν θάλασσαν (γενικῶς πρὸς ὅλας τὰς πλευρὰς τοῦ ὑπερθερμανθέντος ἐδάφους). Ἡ ἀνωμαλία αὕτη (drift), ὡς διαφορὰ πιέσεων, διαδίδεται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ ἥχου καὶ δημιουργεῖ τὰ καλῶς γνωστὰ θερμικὰ χαμηλὰ (heating or continental lows) ὑπεράνω τῶν ἡπείρων.

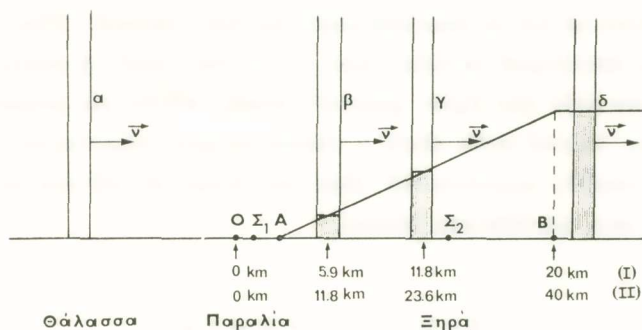
Ἡ παλιρροϊκὴ αὕτη, ἀλλ' οὐχὶ βαροβαθμικὴ, συνιστῶσα δημιουργεῖ κατάστασιν βαροκλινικότητος καὶ ἡ ἀρχομένη κλειστὴ ἄμεσος σωληνοειδὴς (ἰσοβαρῆ - ἰσοστερῆ σωληνοειδῆ) κυκλοφορία τῆς Θ. Α. ἐρμηνευομένη διὰ τοῦ θεωρήματος V. Bjerknes [(1), (6)], μετατρέπει δυναμικὴν ἐνέργειαν εἰς κινητικὴν, καταβιβάζουσα ψυχρὰς καὶ ἀναβιβάζουσα θερμὰς ἀερίους μάζας.

Ἡ ταξινομήσις τῶν διαφορῶν τύπων Θ. Α., ἀναλόγως τῶν ἀρχικῶν συνθηκῶν, ἐγένετο ὑπὸ τοῦ Pearce (5). Ἐπειδὴ ὅμως, μὲ ἀρχικὸν γενικὸν βαροβαθμικὸν ἄνεμον πνέοντα ἐκ τῆς θαλάσσης πρὸς τὴν ξηρὰν δὲν δημιουργεῖται θερμοβαθμὶς πλησίον ἢ ἐπὶ τῆς παραλίας, ἡ περίπτωσις δὲν ἡρευνήθη. Ταύτην καὶ ἐρευνῶμεν ἐνταῦθα.

Ἐὰν θεωρήσωμεν λοιπὸν ἄνεμον γενικῆς κυκλοφορίας πνέοντα καθέτως πρὸς τὴν παραλιακὴν γραμμὴν καὶ πρὸς τὴν ξηρὰν.

Ὑπὸ τὰς συνθήκας ταύτας τὸ παρεδάφιον στρώμα τοῦ ἀέρος, τὸ εὐρισκόμενον ὑπεράνω τῆς ξηρᾶς ἀπὸ τῆς ἐνάρξεως τῆς θερμάνσεως, θερμαίνεται ὁμοιόμορφως, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 1 (στήλη δ) πέραν τοῦ σημείου Β πρὸς τὴν ξηρὰν. Ὡς αἱ ὑπεράνω τῆς θαλάσσης ἀέριοι στήλαι (α) διαβαίνουν τὴν παρα-

λιακήν γραμμήν, ἄρχονται θερμαινόμεναι καί, μετὰ 2 π. χ. ὥρας καὶ γενικὸν ἀνεμὸν $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, παρουσιάζεται ἡ εἰς τὸ σχῆμα 1 (I) εἰκὼν μὲ τὴν γενεσιουργὸν τῆς αὔρας θερμοβαθμίδα (συνεπῶς καὶ βαροβαθμίδα) συγκεντρομένην μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β ὑπεράνω τῆς ξηρᾶς. Ἐμφανίζεται κατὰ ταῦτα κυκλοφορία πανομοιότυπος τῆς Θ. Α. καθ' ὁλοκληρίαν ὅμως ὑπεράνω τῆς ξηρᾶς. Μὲ ἀσθενῆ



Σχ. 1. Θερμότης λαμβανομένη υπό κατακορύφων στηλών άέρος μετά θέρμανσιν 2 ώρων και γενικόν άνεμον προς την ξηράν 10 km . h⁻¹ (I) και 20 km . h⁻¹ (II).

Τὰ γραμμοσχιασμένα τμήματα δεικνύουν τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος.

συνεπώς πρὸς τὴν ξηρὰν γενικὸν ἄνεμον, παραλιακὸς σταθμὸς Σ_1 θὰ καταγράφῃ μόνον τὸν γενικὸν τοῦτον ἄνεμον, ἐνῶ σταθμὸς τις Σ_z , βαθύτερον ἐντὸς τῆς ξηρᾶς θὰ παρουσιάξῃ ἀνεμογράφημα χαρακτηριστικῶς ὑπερτιθεμένης $\Theta. A.$, ἄνευ προφανῶς μετωπικῶν χαρακτηριστικῶν.

Αὔτη ἡ, οὕτως εἰπεῖν, ψευδο-θαλασσία αὖρα, θὰ παρουσιάξῃ ὀλίγον μικροτέραν διάρκειαν τῆς κανονικῆς, διότι μετὰ παρέλευσιν ἐπαρκoῦς χρόνου ἢ ἰσχυροῦ γενικοῦ ἀνέμου τὸ διάστημα Α Β (Σχ. 1) κατανομῆς τῆς θερμοβαθμίδος θὰ εἶναι πολὺ μεγάλο διὰ τὴν δόσιν ἱκανοποιητικὴν θερμοβαθμίδα πρὸς συντήρησιν τῆς κυκλοφορίας τῆς αὖρας. Κατάλληλοι περιοχαὶ διὰ τὴν παρατήρησιν τοῦ εἶδους τούτου τῆς αὖρας εἶναι προφανῶς αἱ τροπικαί, ἔνθα τὸ φαινόμενον λαμβάνει μεγάλην ἔκτασιν. Δυνατὸν νὰ ἐξιχνιασθῇ ἐκ τῶν ἀνεμογραμμάτων καὶ εἰς τὰς ἰδικὰς μας περιοχάς, ὑπὸ κατάλληλον τοπογραφίαν καὶ ὑπὸ καλῶς συγκροτημένου δικτύου παρατηρήσεως, κατὰ μῆκος τῆς καθέτου πρὸς τὴν παραλιακὴν γραμμὴν.

S U M M A R Y

In this study the sea breeze phenomenon is examined from the point of view of differential surface heating engendered horizontal lapse

rate and the existence of a special kind of sea breeze unclassified hitherto is indicated, with the following results :

1. The postulated view, that the sea breeze is due to the transport of surface heat through large masses of water downwards by wind and waves causing turbulent mixing, is proved quantitatively.

2. With a light on-shore wind the pressure gradient produced in the lowest layer of air is concentrated farther inland. The sea breeze circulation is developed in this case over the land. A station near the coastline shows only the light general wind, while an anemogram of a station farther inland must show a characteristic superimposition of sea breeze. It is readily appreciated that no front at all can be formed in this kind of, say, pseudo-sea breeze.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΚΑΡΑΠΙΠΕΡΗΣ, Α., Ν. καὶ ΖΑΜΠΑΚΑΣ, Ι. Δ. 1972.— Εἰσαγωγή εἰς τὴν Δυναμικὴν Μετεωρολογίαν, σελ. 125.
2. LIST, R., J. 1951.— Smithsonian Met. Tables, pp. 403 - 405.
3. PEARCE, R., P. 1955.— Q.J.R.M.S., V. 81, No 349, July pp. 351 - 381.
4. » » » 1962.— Q.J.R.M.S., V. 88, No 375, January, pp. 20 - 29.
5. » » » 1965.— Presented at the 10th OSTIV Congress, South Cerney, England, June.
6. ZAMBAKAS, J., D. 1969.— A Dissertation submitted for the diploma of Imperial College, London.

ΠΕΡΙΛΗΨΙΣ

Εἰς τὴν μελέτην ταύτην ἐξετάζεται ἡ ὀριζόντιος θερμοβαθμὶς εἰς τὰ παρεδάφια στρώματα ἀέρος κατὰ μίαν αἰθρίαν, κατὰ τὸ πλεῖστον, ἡμέραν, ἢ προκαλοῦσα τὴν γένεσιν τῆς κυκλοφορίας τῆς θαλασσίας αὔρας ὥς καὶ εἰς εἰδικὸς τύπος θαλασσίας αὔρας μὴ ταξινομηθεὶς μέχρι τοῦδε, μὲ τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα :

1. Ἡ παρατηρουμένη διαφορὰ θερμοκρασίας μεταξὺ ξηρᾶς - θαλάσσης καὶ ἡ παραδεδεγμένη ποιοτικῶς ἄπυψις ὅτι ὀφείλεται εἰς τὴν πρὸς τὰ κάτω μεταφορὰν θερμότητος, διὰ τυρβώδους μίξεως τῶν ἐπιφανειακῶν ὑδατίνων μαζῶν μετὰ τῶν κάτωθεν αὐτῶν ψυχροτέρων στρωμάτων ὕδατος, προκαλουμένης ὑπὸ τοῦ ἀνέμου καὶ τῶν κυμάτων, ἀποδεικνύεται ἐνταῦθα ποσοτικῶς.

2. Μὲ ἑλαφρὸν γενικὸν βαροβαθμικὸν ἄνεμον πνέοντα καθέτως τῆς παραλιακῆς γραμμῆς καὶ πρὸς τὴν ξηράν, δεικνύεται ὅτι ἀναπτύσσεται εἰς εἰδικὸς

τύπος κυκλοφορίας θαλασσίας αΰρας καθ' ὅλοκληρίαν ὑπεράνω τῆς ξηρᾶς. Διὰ τὸ εἶδος τοῦτο τῆς αΰρας, καταγεγραφομένης μόνον εἰς σταθμοὺς σχετικῶς μακρὰν τῆς παραλίας, ἐθεσπίσθη ὁ ὅρος «ψευδο-θαλασσία αΰρα» καὶ εἶναι εὐκολώτερον παρατηρήσιμος εἰς τροπικὰς περιοχάς, λόγῳ τῆς μεγάλης ἐκτάσεως τοῦ φαινομένου. Δὲν παρουσιάζει μετωπικὰ χαρακτηριστικὰ καὶ δύναται πιθανῶς νὰ ἐξιχνιασθῇ καὶ εἰς τὰ ἡμέτερα γεωγραφικὰ πλάτη, ὑπὸ κατάλληλον τοπογραφίαν καὶ διὰ καλῶς συγκροτημένου δικτύου παρατηρήσεως κατὰ μῆκος τῆς καθέτου πρὸς τὴν παραλιακὴν γραμμὴν.