

ΟΙ ΣΤΡΟΒΙΛΟΙ ΤΗΣ ΙΕΡΑΠΕΤΡΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ: ΜΙΑ ΥΠΟΘΕΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥΣ

N.E.Κωτσοβίνος,
Α' Εργαστήριο Υδραυλικής ΔΠΘ
67100 Ξάνθη

ABSTRACT

N.E.Kotsovinos, Laboratory of Hydraulics, Democritus University of Thrace. 67100 Xanthi. "THE IERAPETRA AND RHODES GYRES: AN ASSUMPTION FOR THEIR GENERATION"

The basic objective of this paper is the exploration of our intuitive hypothesis that the Ierapetra and Rhodes gyres are generated by the giant jet which is generated by the outflow of the Cretan Sea to Levantine at the Kassos Strait. Due to the large length scale of Crete (length scale $L = 250000$ m), and to the fact that the Crete is not embedded in the open sea but is bounded by the Anthikithyra and Kassos islands, the exchange of flow between the Cretan Sea and the Mediterranean Sea produces giant jets with origin the Cretan Straits. Since the width of these straits is much larger than the depth, these giant jets (or megajets) can be approximated as plane surface jets issued out of a wall. The above the thermocline plane megajet has a typical "width" equal to the depth of the thermocline, i.e. about 100 m. These giant structures, the surface megajets and the submerged megaplumes from the Cretan straits, are organized fluid structures with specific growth rates and characteristics. Although the Coriolis forces modify their growth rate, and their trajectory (the Coriolis force oblige them to turn right), their main characteristics are kept, and one of their characteristics is their ability to "entrain" ambient fluid. These megajets and megaplumes have an important significance for the flow patterns in the "vicinity" of Crete, i.e. either at the Cretan Sea or at the Levantine, depending from their direction (i.e. inflow towards Cretan Sea or outflow towards Levantine). Various combinations of the direction (i.e. inflow or outflow) of the megajets and megaplumes from the Cretan straits are possible.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ-Η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΜΕΓΑΦΛΕΒΑ

Στην εργασία μας αυτή εξετάζουμε τον βασικό μηχανισμό που κατα την άποψή μας συμβάλλει στην εμφάνιση των μεγάλων στροβίλων (gyres) της Ιεράπετρας και της Ρόδου.

Εστιάζουμε κατ'αρχάς την περίπτωση που έχουμε επιφανειακά εκροή από το στενό της Κάσου (με τον όρο εκροή εννοούμε ροή από το Κρητικό προς το Λυβικό Πέλαγος. Στην περίπτωση αυτή δημιουργείται μία επιφανειακή επίπεδη "μεγαφλέβα" (megajet) που περιορίζεται μεταξύ δύο νοητών επιπέδων, της ελεύθερης επιφάνειας της θάλασσας ($z=0$) και της θερμοκλινοῦς, η οποία έστω ότι βρίσκεται στα $z=100$ μέτρα βάθους. Το αρχικό πλάτος της φλέβας B_0 είναι το επιφανειακό πλάτος του στενού της Κάσου, $B_0=67$ km. Υποθέτουμε, για να γίνει κατανοητό το πρόβλημα, ότι η ταχύτητα εκροής είναι $U=20$ cm/s. Ο αριθμός Reynolds της φλέβας είναι $Re = UH/\nu = 3.6 \cdot 10^6$, δηλαδή η ροή είναι τυρβώδης.

Είναι γνωστό ότι μία βασική ιδιότητα των φλεβών είναι η αύξηση της παροχής της $\mu(x)$ ανά μονάδα βάθους κατά μήκος του άξονα της ροής, επειδή η φλέβα παρασύρει νερό από το περιβάλλον της βλέπε, για παράδειγμα Kotsovinos 1976, Kotsovinos et al 1977, List 1982.

$$\begin{aligned} & \text{Έχουμε} \\ & \mu(x) = \mu_0 + 0.53 (Mx)^{1/2} \end{aligned}$$

όπου μ_0 είναι η αρχική παροχή στα στενά ανά μέτρο βάθους

$$\mu_0 = B_0 U_0 = 13400 \text{ m}^3/\text{s},$$

M είναι η ορμή ανά μέτρο βάθους (kinematic momentum flux per unit of depth of the jet), οριζόμενη από την σχέση

$$M = B_0 U^2 = 2680 \text{ m}^4/\text{s}^2$$

Συνεπώς, η παροχή ανά μέτρο βάθους αυξάνεται με την απόσταση κατά μήκος της εκροής σύμφωνα με την σχέση

$$\mu(x) = 13400 + 27.4 x^{1/2} \text{ m}^3/\text{s}.$$

Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι για αποστάσεις τουλάχιστον δύο φορές το πλάτος της η φλέβα διατηρεί την δομή της , βρίσκουμε την παροχή του εισερχόμενου ρευστού μέσα στη φλέβα για όλο το βάθος $H = 100 \text{ m}$ ίση με $\mu(x) = 2328000 \text{ m}^3/\text{s} = 2.3 \text{ Sv}$, ή 1.16 Sv για κάθε πλευρά της φλέβας.

Βρίσκουμε δηλαδή ότι παράσυρση νερού από την μεγαφλέβα την μετατρέπει σε μία τεράστια αντλία που μεταφέρει αυτή την τεράστια παροχή 1.16 Sv προς τη φλέβα.

Οι γραμμές της ροής που δημιουργεί η “αντλία μεγαφλέβας” διαμορφώνονται σε γραμμές στροβίλου λόγω κυρίως των στερεών οριακών συνθηκών (Κρήτη, Κάσος, Κάρπαθος) . Είναι γνωστό (βλέπε (Kotsovinos et al 1991) ότι η ύπαρξη στερεού ορίου δημιουργεί ένα εξωτερικό πεδίο ροής με γραμμές ροής αντίθετες με την κύρια κατεύθυνση της φλέβας, δηλαδή με κατεύθυνση από τον Νότο προς τον Βορρά.

Συνεπώς για την διατήρηση της στροφορμής , το ρευστό αποκτά αντικυκλωνική στροβιλότητα, δημιουργώντας τον επιφανειακό σρόβιλο της Ιεράπετρας και της Ρόδου. Είναι πιθανόν και άλλες αιτίες να τροφοδοτούν τον σρόβιλο αυτό, αλλά η άποψή μας είναι ότι η μεγαφλέβα διαδραματίζει τον κυριότερο ρόλο.

2. ΤΟ ΒΥΘΙΣΜΕΝΟ ΜΕΓΑΠΛΟΥΜΙΟ ΑΠΟ ΤΗΝ ΒΑΘΕΙΑ ΕΚΡΟΗ ΤΗΣ ΚΑΣΟΥ

Σύμφωνα με τις μετρήσεις πεδίου στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος EC/MAST/PELAGOS παρατηρήθηκε συνεχής εκροή από το Αιγαίο προς το Λυβικό από βάθος 500 μέτρων έως τον πυθμένα του στενού (περίπου 1000 μέτρα) και ότι η τυπική διαφορά πυκνότητας είναι της τάξεως των 0.1 kg/m^3 . Εξετάζοντας τις κατανομές πυκνότητας , παρατηρούμε ότι η εκροή από την Κάσο εξακολουθεί να είναι βαρύτερη ακόμη και από τα βαθύτερα νερά του Λυβικού με αποτέλεσμα η εκροή να έρπει στον πυθμένα του Λυβικού δημιουργώντας ένα τεράστιο μεγαπλούμιο .

Ο αριθμός Richardson είναι

$$Ri = (\Delta\rho/\rho) g h \cos\theta / U_p^2$$

όπου $\Delta\rho/\rho = 0.0001$ η διαφορά πυκνότητας του μεγαπλουμίου από το περιβάλλον , h είναι το τυπικό πάχος του πλουμίου, και U_p η τυπική του ταχύτητα , που λαμβάνεται $U_p = 0.35 \text{ m/s}$, δίνοντας στον αριθμό Richardson την τιμή $Ri = 2.5$

Ο συντελεστής εισδοχής για αυτή την τιμή του Ri (Narimousa et al 1987) είναι 0.0025 .

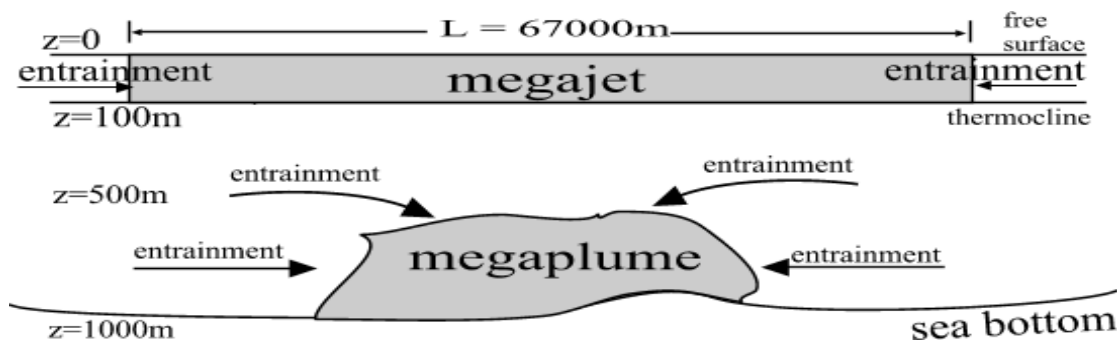
Η μάζα του θαλασσινού νερού που εισρέει στο πλούμιο μέχρι μία απόσταση 135 χιλόμετρα από την έξοδο του από το στενό Κάσου υπελογισθή σε 10 Svdrups. Κατα την άποψή μας αυτή η τεράστια μετακίνηση μάζας προς την επιφάνεια του μεγαπλουμίου είναι η γενεσιουργός αιτία για τις έντονες κινήσεις βυθού και τον βυθισμένο κυκλώνα της Ρόδου.

3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΙΛΗΘΕΥΣΗ

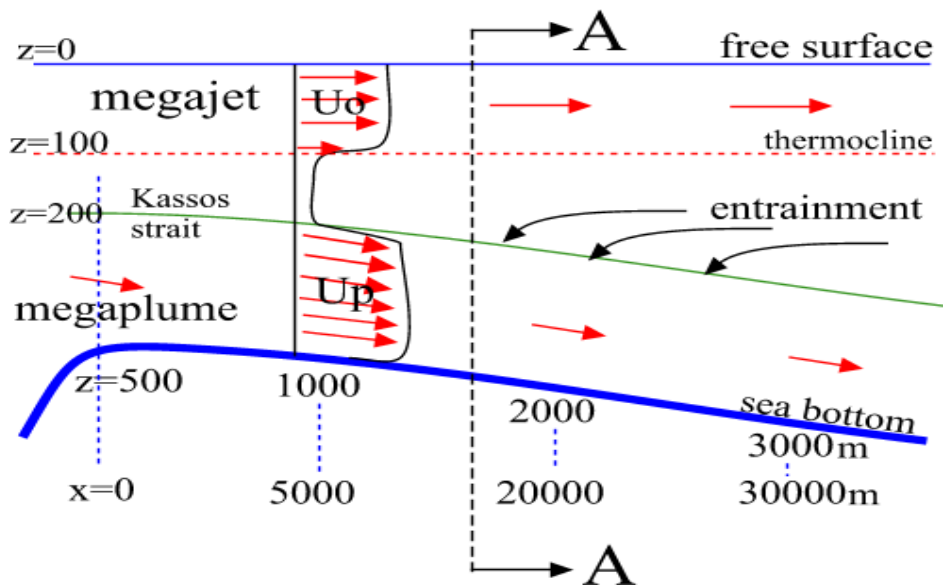
Μακροσκοπική διερεύνηση των παραπάνω έγιναν στην μεγάλη περιστρεφόμενη δεξαμενή του εργαστηρίου Υδραυλικής του ΔΠΘ . Η δεξαμενή αυτή έχει διάμετρο 5.2 m και περιστρέφεται σε ένα άξονα στο κέντρο.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

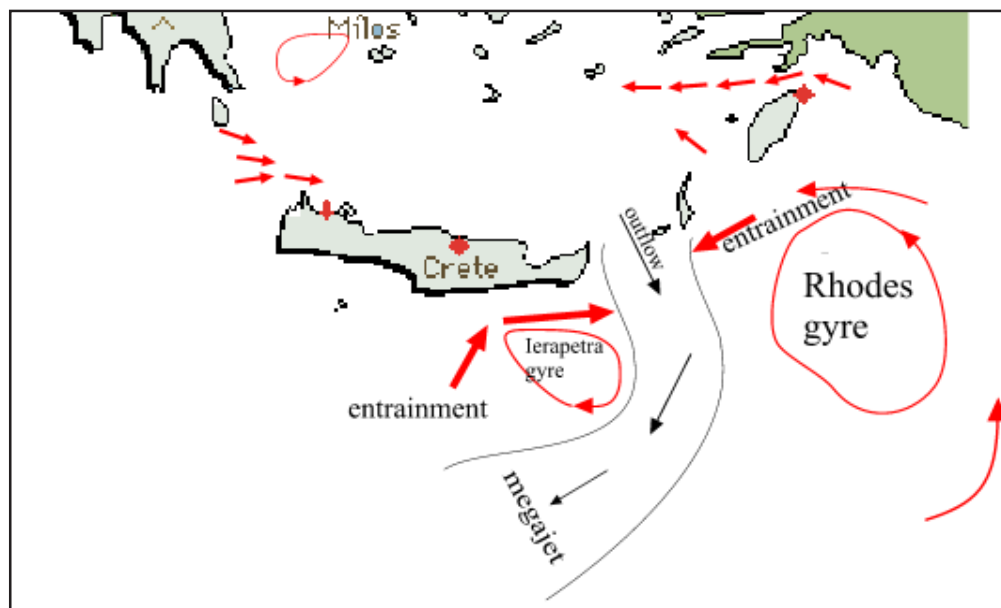
Ο συγγραφέας ευχαριστεί θερμά τους κ.Σ Μπαλόπουλο και Α.Θεοχάρη (ΕΚΘΕ) για χρήσιμες συζητήσεις, και αναγνωρίζει την βοήθεια από το ερευνητικό πρόγραμμα EC/MAST/PELAGOS .



Σχήμα 1 . Κατακόρυφη τομή της μεγαφλέβας και μεγαπλουμίου εγκάρσια στη ροή



Σχήμα 2. Κατακόρυφη τομή κατά μήκος του άξονα της φλέβας



Σχήμα 3 Κάτοψη επιφανειακή του πεδίου ροής

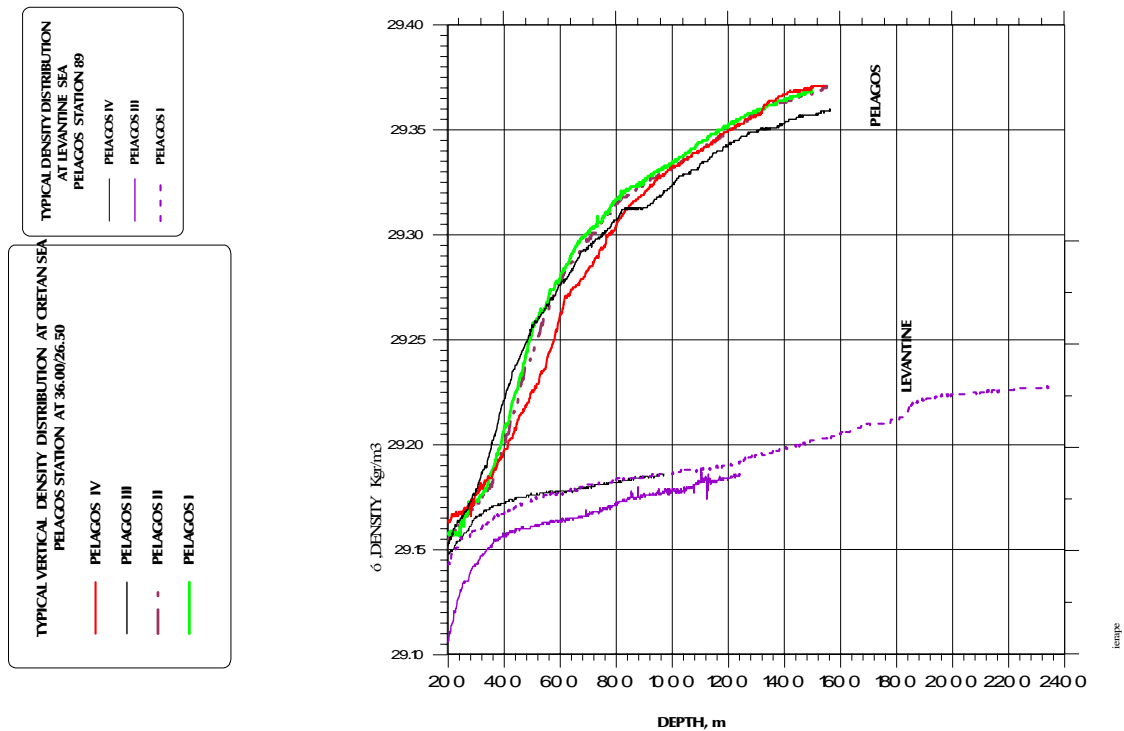


Figure 2. Density distribution at Cretan and Levantine Sea using the data of Pelagos .

Σχήμα 4. Κατανομή πυκνότητας στο Κρητικό και στο Λυβικό Πέλαγος

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Burnett¹, W., Price¹ J., and Paul E. La Violette², 1991, "The surface circulation around Crete inferred from drifter buoy trajectories and satellite imagery", (1) Naval Oceanographic Office, Stennis Space Center, and (2) Mississippi State University Research Center (USA) (Personal Communication of unpublished paper)
- Kotsovinos, N.E., List E.J., 1977 "Plane Turbulent Buoyant Jets. Part I Integral Properties", Journal of Fluid Mechanics, vol. 81, Part 1, pp. 25 - 44.
- Kotsovinos, N.E., 1978, "A Note on the Conservation of the Axial Momentum of a Turbulent Jet", Journal of Fluid Mechanics, Vol. 87, pp. 56 - 63.
- Kotsovinos, N. E., and P. B. Angelidis, 1991, "The momentum flux in turbulent submerged jets", Journal of Fluid Mechanics 1991, vol. 229, pp. 453 - 70.
- List, E.J, 1982, "Mechanics of Turbulent Buoyant Jets and Plumes", in "Turbulent buoyant jets and plumes", Editor W. Rodi, Pergamon Press.
- Narimousa S. and Fernando H.J.S., 1987, "On the sheared density interface of an entraining stratified fluid", J.Fluid Mech., vol.174, pp1-22