



Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας-Σχολή Περιβάλλοντος

Ανοικτό ακαδημαϊκό μάθημα

Μέθοδοι Προσομοίωσης και Εφαρμογές

Διδάσκοντες: Γ. Τσιρτσής, Καθηγητής

Δρ Β. Κολοβογιάννης, ΕΔΙΠ



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



9. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΤΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΕ 1 ΚΑΙ 2 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

Χωρίς να επιχειρείται εξαντλητική ανασκόπηση, γίνεται μια επιλεκτική παρουσίαση υδροδυναμικών μοντέλων, αντιπροσωπευτικών των διαφόρων κατηγοριών, με μεγάλη συχνότητα εμφάνισης στη διεθνή βιβλιογραφία. Στην διεύθυνση http://stommel.tamu.edu/~baum/ocean_models.html (Ocean/Atmosphere Circulation Modeling Projects, Department of Oceanography, Texas AandM University) παρατίθεται λίστα με τους δικτυακούς τόπους περίπου 50 αριθμητικών μοντέλων. Εκεί μπορούν να βρεθούν πληροφορίες για κάθε ένα πρόγραμμα προσομοίωσης της θαλάσσιας κυκλοφορίας, σχετική βιβλιογραφία, και σε πολλές περιπτώσεις ακόμα και ο κώδικας του μοντέλου και οδηγίες για την χρήση του. Επίσης, ολοκληρωμένες και σε βάθος προσεγγίσεις πάνω στην μοντελοποίηση θαλάσσιων διεργασιών δίνονται από τους Haidvogel and Beckmann (1999), Kantha and Clayson (2000), Dyke (2001), Hearn (2008) και Kämpf (2010).

Υπάρχουν μοντέλα γενικής κυκλοφορίας (ocean general circulation models, OGCM) που σχεδιάστηκαν να προσομοιώνουν τη δυναμική του παγκόσμιου ωκεανού και διεργασίες σε επιμέρους ωκεάνιες λεκάνες, με πρώτο και πιο δημοφιλές μοντέλο αυτό του Bryan (1969). Οι Bryan and Cox (1972) θεώρησαν σταθερή την πυκνότητα και μελέτησαν φαινόμενα μεταφοράς στον παγκόσμιο ωκεανό με ένα βαροτροπικό, δισδιάστατο ομοίωμα. Έκτοτε, τα μοντέλα των Bryan and Cox αποτέλεσαν τη βάση και εξελίχτηκαν σε πλήθος και ποικιλία μοντέλων. Ένα από τα πλέον δημοφιλή μοντέλα που προέκυψαν από αυτά των Bryan and Cox είναι το MOM (Modular Ocean Model) που αναπτύχθηκε και εξελίσσεται από ερευνητές στο Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) στις Η.Π.Α. Το μοντέλο OCCAM που αναπτύχθηκε στο Southampton Oceanography Center (Ηνωμένο Βασίλειο) και στηρίζεται στο MOM είναι ένα τρισδιάστατο ομοίωμα πρωτογενών εξισώσεων που εντάσσεται σε ένα ευρύτερο πρόγραμμα έρευνας της κυκλοφορίας του Παγκόσμιου ωκεανού. Εφαρμόζεται σε μελέτες παγκόσμιας κυκλοφορίας και κλιματικών αλλαγών (Webb et al. 1998), ενώ έχει μελετηθεί και η δυναμική επιμέρους ωκεάνιων μαζών, όπως ο Ειρηνικός (Saunders et al. 1999).

Οι Nihoul and Jamart (1987) και Lynch and Davies (1995) παρουσίασαν μια σειρά από τρισδιάστατα μοντέλα, κατάλληλα για περιφερειακές θάλασσες, ημίκλειστες θάλασσες, κόλπους και παράκτιες περιοχές. Σε αυτά περιλαμβάνονται το γνωστό Princeton Ocean Model (POM) των Blumberg-Mellor (1987) και το μοντέλο του Backhaus (1985). Οι διεργασίες που πρέπει να είναι ικανά να περιγράψουν τα ομοιώματα αυτά - επίδραση εκβολών ποταμών και οριζόντιες βαθμίδες πυκνότητας, δημιουργία - υποχώρηση θερμοκλινούς, παλίρροιες, τυρβώδεις διεργασίες από πυθμένα και από επιφάνεια (διατμητικές τάσεις ανέμου), αναδύσεις νερού και κινήσεις Ekman, δημιουργία βαθιών νερών, κύματα καταιγίδας, μεταφορά ρυπαντών - καλύπτουν χωρικές κλίμακες από δεκάδες μέτρα μέχρι 100km και χρονικές κλίμακες από ώρες μέχρι μήνες (Σχήματα 2.2 και 2.4). Η δυναμική της Βόρειας Θάλασσας, και γενικότερα η υφαλοκρηπίδα της βορειοδυτικής Ευρώπης, έχει μελετηθεί συστηματικά από πλήθος ερευνητών και μοντέλων (π.χ. Backhaus 1985, Oey and Chen 1992, Lenhart et al. 1995, Rohlman 1996a, b, c, Hjøllø et al. 2009). Η Μεσόγειος επίσης αποτελεί πεδίο έρευνας μέσω εφαρμογής μιας σειράς αριθμητικών προσομοιώσεων, τόσο ολόκληρη η λεκάνη όσο και τμήματά της. Ο Beckers (1991) χρησιμοποίησε ένα τρισδιάστατο ομοίωμα με πλέγμα 15km για να μελετήσει την εποχικότητα στη Δυτική Μεσόγειο. Οι Zavatarelli and Mellor (1995) εφάρμοσαν το μοντέλο POM σε ολόκληρη τη Μεσόγειο με μεταβλητό μέγεθος κελιών (curvilinear grid) ενώ το ίδιο μοντέλο χρησιμοποιήθηκε και από τους Drakopoulos and Lascaratos (1999) και Lascaratos and Nittis (1998) που διερεύνησαν τη δημιουργία του λεγόμενου ενδιάμεσου νερού στη θάλασσα της Λεβαντίνης στην Ανατολική Μεσόγειο και Skliris et al. (2007) που μελέτησαν την αντίδραση της Μεσογείου και των επιμέρους λεκανών της στις μεταβολές του ισοζυγίου γλυκού νερού που έχουν καταμετρηθεί τις τελευταίες δεκαετίες. Το μοντέλο MOM εφαρμόστηκε από αρκετούς ερευνητές, οι οποίοι

διερεύνησαν τη γενική κυκλοφορία σε ολόκληρη τη λεκάνη (Roussenon et al. 1995), την επίδραση της τοπογραφίας (Alvarez et al. 1994) και τους μηχανισμούς λειτουργίας ενδιάμεσων και βαθιών νερών (Haines and Wu 1998). Το πρόγραμμα MEDMEX (Mediterranean Model Evaluation Experiment), στο οποίο συμμετείχαν ερευνητικά ινστιτούτα και πανεπιστήμια από αρκετές ευρωπαϊκές χώρες, είχε ως στόχο τη σύγκριση της λειτουργίας και των αποτελεσμάτων μιας σειράς μοντέλων και την περαιτέρω βελτίωσή τους (Beckers et al. 2002). Στο πείραμα αυτό, τα μοντέλα GHER, POM, OPA και δυο εκδόσεις του MOM εφαρμόστηκαν στη Μεσόγειο σε κοινή βάση (ίδια χωρική ανάλυση και οδηγούμενα από τα ίδια ατμοσφαιρικά δεδομένα). Κανένα μοντέλο δεν έδειξε να λειτουργεί 'καλύτερα' από τα άλλα: ορισμένα περιγράφουν πιστότερα τη μεταβλητότητα, άλλα περιγράφουν καλύτερα τα χαρακτηριστικά των βαθιών νερών κ.ο.κ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όλα τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν, αναπαράγουν ικανοποιητικά τη γενική κυκλοφορία της Μεσογείου, δίνοντας σε γενικές γραμμές παρόμοια αποτελέσματα όταν βαθμονομηθούν κατάλληλα οι πλέον ευαίσθητες παράμετροι, οι συντελεστές κατακόρυφης τυρβώδους ανάμιξης. Πιο πρόσφατες αριθμητικές προσομοιώσεις σε επιμέρους θαλάσσιες περιοχές της Μεσογείου περιλαμβάνουν τη διερεύνηση της κυκλοφορίας στη βορειοδυτική υφαλοκρηπίδα της Μεσογείου από τους Garreau et al. (2011), τη διερεύνηση της επίδρασης της τοπογραφίας στην ανεμογενή κυκλοφορία στη βόρεια Αδριατική από τους Malačić et al. (2012), ενώ, όπως θα αναφερθεί και στη συνέχεια, η υδροδυναμική πολλών περιοχών μέσης και μικρής κλίμακας έχει μελετηθεί σε συνάρτηση με την οικολογία και τη γεωχημεία.