

Η γέννηση της θαλάσσιας έρευνας θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι ακολουθούσε από κοντά τα χνάρια της εξέλιξης της ναυτιλίας. Ήδη, είναι γνωστό ότι η ναυτιλία απαιτούσε προχωρημένες γνώσεις αστρονομίας και παρείχε εξαιρετικές ευκαιρίες εξερεύνησης του πλανήτη και προώθησης των επιστημών της Γης. Ήδη από τον 6ο αιώνα π.Χ., ο Μασσαλιώτης έμπορος και ναυτικός Πυθέας είχε γράψει το πρώτο βιβλίο με τον τίτλο Ωκεανός. Αστρονομικές του παρατηρήσεις υποδηλώνουν ότι είχε φτάσει στις ακτές της Νορβηγίας (στο γεωγραφικό πλάτος του Trondheim) (Lelgemann, 2012), των νησιών Shetland ή της Ισλανδίας (Bilić, 2020; Breeze and Wilkins, 2016; Scott, 2021). Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι ο Πυθέας ήταν (απ'όσο γνωρίζουμε) ο πρώτος παγκοσμίως που έγραψε βιβλίο με τίτλο "Ο Ωκεανός". Η ανακάλυψη του [μηχανισμού των Αντικυθέρων](#) αποκάλυψε ότι οι αρχαίοι Έλληνες ναυτιλόμενοι λίγους αιώνες αργότερα είχαν στη διάθεσή τους ιδιαίτερα εξελιγμένες συσκευές που υποβοηθούσαν την ακριβή γνώση της θέσης τους στο χώρο.

Αργότερα, πολλά από τα άλματα της Θαλάσσιας Επιστήμης έγιναν από Ναυτικούς, οι οποίοι διέκριναν τις δυνατότητες καταγραφής της θαλάσσιας κυκλοφορίας από τα ναυάγια και τις καταγραφές των αποκλίσεων των σκαφών λόγω ανέμου και ρευμάτων (π.χ. [Matthew Fontaine Maury](#) και [James Rennell](#)). Οι παραπάνω συνεισέφεραν τεράστια στην Ωκεανογραφία συστηματοποιώντας την τήρηση ημερολογίων καταστρώματος από τους πολεμικούς και εμπορικούς στόλους των Ηνωμένων Πολιτειών και Μεγάλης Βρετανίας αντίστοιχα και συντάσσοντας τους πρώτους αξιόπιστους χάρτες θαλάσσιας επιφανειακής κυκλοφορίας σε παγκόσμια και ωκεάνια κλίμακα.

Αντίστοιχο τεράστιο άλμα στην πρόγνωση καιρού έγινε από έναν άλλο Ναυτικό, τον αξιωματικό του Βασιλικού Ναυτικού της Μεγάλης Βρετανίας [Robert FitzRoy](#), ο οποίος στα νεανικά του χρόνια ήταν ο κυβερνήτης του μπρικιού [HMS Beagle](#), του μικρού πολεμικού σκάφους που φιλοξένησε και μετέφερε τον [Κάρλο Δαρβίνο](#) στο θρυλικό και αποκαλυπτικό του ταξίδι στα Galapagos. Ο FitzRoy, μετά τη λήξη μιας εξαιρετικά επιτυχημένης θητείας ως αξιωματικός του Ναυτικού και Υδρογράφος, διορίστηκε ως ο πρώτος διευθυντής αυτού που θα εξελισσόταν σήμερα στο Meteorological Office, την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία δηλαδή του Ηνωμένου Βασιλείου, και παρήγαγε τις πρώτες μετεωρολογικές προγνώσεις παγκοσμίως. Αξίζει να σημειώσουμε εδώ ότι όταν ο Robert FitzRoy διορίστηκε κυβερνήτης του HMS Beagle, η επιβίβαση του Δαρβίνου στο πλοίο αποφασίστηκε μετά από παραίνεση ενός άλλου αξιωματικού και τότε Διευθυντή της αντίστοιχης Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Βρετανικού Βασιλικού Ναυτικού, του [Francis Beaufort](#). Ο Ιρλανδός, αλλά Γαλλικής καταγωγής Beaufort, από το συγκεκριμένο πόστο συντέλεσε τα μέγιστα στην πρόοδο της υδρογραφίας και της ωκεανογραφίας. Η πιο γνωστή του συνεισφορά είναι η εισαγωγή της γνωστής μας κλίμακας Beaufort για τη μέτρηση της έντασης του ανέμου.

Η διασύνδεση Ναυτιλίας και Θαλάσσιων Επιστημών στηρίζεται λοιπόν σε πόδια γιγάντων. Η αλληλεπίδραση των δύο αυτών κλάδων είναι ακόμη δυνατή σήμερα σε εθελοντική βάση, είτε αυτή μπορεί να ενταχθεί σε παγκόσμια προγράμματα είτε πρόκειται για εθελοντικές πρωτοβουλίες. Παρακάτω θα αναπτύξουμε τις πιο ευρέως διαδεδομένες εφαρμογές μέσω των οποίων η Ναυτιλία συνεισφέρει στην Ωκεανογραφία, αλλά και εφαρμογές άμεσης εκμετάλλευσης των αποτελεσμάτων της Ωκεανογραφικής Προόδου από τη Ναυτιλία.

1. Σκάφη Εθελοντικής Παρακολούθησης

Το σύγχρονο πρόγραμμα παγκόσμιας καταγραφής μετεωρολογικών κυρίως παραμέτρων, αλλά και άλλων όπως κατάσταση θάλασσας, παρουσία πάγου κλπ., έχει τις ρίζες του (α) στην υποχρέωση τήρησης ημερολόγιων καταστρώματος που εισήγαγαν οι [Maury](#) και [Rennell](#), (β) στη υποχρέωση περιοδικής αποστολής μετεωρολογικών αναφορών από σταθμούς εδάφους που εισήγαγε ο [FitzRoy](#) και (γ) στη δυνατότητα επέκτασης του παραπάνω μέτρου στα ποντοπόρα πλοία που έφερε η ανακάλυψη του ασύρματου τηλεγράφου από τον [Guglielmo Marconi](#).

Έτσι έχει θεσμοθετηθεί η τήρηση τακτικών μετεωρολογικών παρατηρήσεων από τους αξιωματικούς γέφυρας του πλοίου, και η αποστολή τους σε Εθνικές Μετεωρολογικές Υπηρεσίες. Σήμερα, αυτή η δυνατότητα έχει υιοθετηθεί και οργανώνεται από την Παγκόσμια Κοινότητα.

Από το 1999, η Διακυβερνητική Ωκεανογραφική Επιτροπή (IOC) της UNESCO, σε συνεργασία με το [Διεθνή Μετεωρολογικό Οργανισμό \(WMO\)](#), το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) και το Διεθνές Επιστημονικό Συμβούλιο (ISC) συντονίζουν το Παγκόσμιο Σύστημα Παρακολούθησης του Ωκεανού (GOOS), του οποίου μια βασική συνιστώσα είναι τα σχήμα των [Πλοίων Εθελοντικής Παρακολούθησης \(Voluntary Observing Ships, VOS\)](#).

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες πλοίων που συμμετέχουν στο VOS:

1. Πλοία όπου ο εξοπλισμός ανήκει στις αντίστοιχες Εθνικές Μετεωρολογικές Υπηρεσίες
2. Πλοία που συνεργάζονται με δικό τους εξοπλισμό και
3. Ανεξάρτητα πλοία.

Στα πλαίσια του VOS, τα πλοία επιλέγονται από χώρες-μέλη του WMO, συνήθως μέσω Λιμενικών Μετεωρολογικών Αξιωματικών (PMOs).

Τα πλοία προσλαμβάνονται με βάση:

- την προθυμία των αξιωματικών των πλοίων να πραγματοποιούν τις παρατηρήσεις και
- την τακτική διαδρομή που ακολουθεί το πλοίο.

Μία χώρα-μέλος επιλέγει γενικά πλοία που επισκέπτονται τακτικά λιμάνια της οικείας χώρας. Τα στρατολογημένα πλοία είναι συνήθως στο εθνικό νηολόγιο του Μέλους, αλλά μπορεί να είναι σε ξένο νηολόγιο, οπότε ενημερώνεται η μετεωρολογική υπηρεσία της χώρας νηολόγησης. Παρατηρήσεις πλοίων λαμβάνονται τακτικά στις 00:00, 06:00, 12:00 και 18:00 UTC και αποστέλλονται σε μια μετεωρολογική υπηρεσία μέσω email ή επικοινωνίας Inmarsat-C. Το κόστος μετάδοσης καταβάλλεται από τη μετεωρολογική υπηρεσία της χώρας υποδοχής. Συχνά η πιο αποτελεσματική ρουτίνα παρατηρήσεων επιτυγχάνεται συγχρονίζοντας τις παρατηρήσεις με τα καθημερινά καθήκοντα συγκεκριμένου αξιωματικού. Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι το πρόγραμμα Εθελοντικών Παρατηρήσεων από πλοία έχει επεκταθεί από το 2022 σε κάθε είδους σκάφη, συμπεριλαμβανόμενων ερασιτεχνικών σκαφών, μέσω του προγράμματος [Odyssey](#) του WMO.

Στην Ελλάδα, η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία είναι υπεύθυνη για την υλοποίηση του προγράμματος Voluntary Observing Ships του WMO.

Υπεύθυνοι Λιμενικοί Μετεωρολογικοί Αξιωματικοί για την Ελλάδα κατά το 2022 ήταν οι:

Μιχαήλ Μυρσιλίδης,

Διευθυντής Θαλάσσιου Τομέα / PMO Supervisor

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

Κύριος Λιμένας: Πειραιεύς; Λιμένες που εξυπηρετούνται: Όλα τα λιμάνια σε ακτίνα 60 km από τον Πειραιά

Tel: +30 2109699013; Fax: +30 2109628952

Διονυσία Κώττα

Αξιωματικός Θαλάσσιου Τομέα / PMO

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

Κύριος Λιμένας: Πειραιεύς; Λιμένες που εξυπηρετούνται: Όλα τα λιμάνια σε ακτίνα 60 km από τον Πειραιά

Tel: +30 2109699113; Fax: +30 2109628952

2. Το πρόγραμμα Ferry-Box

Το πρωταρχικό βήμα για την κατανόηση των ωκεανών είναι οι ποσοτικές παρατηρήσεις και μετρήσεις. Ακόμα κι αν σήμερα η τηλεπισκόπηση και η αριθμητική μοντελοποίηση διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις ωκεανογραφικές μελέτες, η *in situ* καταγραφή δεδομένων παραμένει το θεμέλιο των συστημάτων παρακολούθησης των ωκεανών, παραμένοντας αναντικατάστατη. Τα δορυφορικά συστήματα παρατήρησης/τηλεανίχνευσης δύναται να παρέχουν πληροφορίες μόνο για τα επιφανειακά στρώματα του ωκεανού, αφήνοντας περίπου το 98,8% του όγκου του απαρατήρητο, με τα αριθμητικά μοντέλα να αποτελούν κύρια πηγή των παραγόμενων και προβλεπόμενων δεδομένων. Και οι δύο αυτές προσεγγίσεις απαιτούν δεδομένα *in situ* για τη βαθμονόμηση, αρχικοποίηση, επικύρωση ή αφομοίωση των δεδομένων. Οι επιφανειακές και βαθύτερες επιτόπιες παρατηρήσεις των ωκεανών είναι απαραίτητες για την κατανόηση της δυναμικής τους, την υποστήριξη της επιστήμης της ωκεανογραφίας, της αξιολόγησης, των προβλέψεων, των υπηρεσιών και της διαχείρισης τους, στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης.

Οι ωκεανοί είναι τεράστιοι και οι ωκεανογραφικοί πλόες που πραγματοποιούνται από ερευνητικά σκάφη έχουν υψηλό κόστος. Όμως, οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στους ωκεανούς χαρακτηρίζονται από μεγάλη μεταβλητότητα και απαιτούν συνεχή παρακολούθηση με σωστή ανάλυση στο χώρο και στο χρόνο. Ως εκ τούτου, υπάρχουν αυξανόμενες απαιτήσεις για αξιόπιστες και οικονομικά αποδοτικές παρατηρήσεις με υψηλή πυκνότητα στο χώρο και στο χρόνο. Η χρήση των Vessels of Opportunity (VOO) για την πραγματοποίηση μακροπρόθεσμων βιώσιμων επιστημονικών μετρήσεων, προκύπτει ως συμπληρωματική εναλλακτική. Τα ερευνητικά σκάφη παρέχουν πολλές δυνατότητες δειγματοληψίας, ωστόσο, η δυνατότητες αυτές συνήθως υποφέρουν από έλλειψη κανονικότητας και περιορισμένη γεωγραφική κάλυψη. Αντίθετα, τα εμπορικά πλοία τείνουν να διασχίζουν τον ωκεανό κατά μήκος παραδοσιακών διαδρομών, επαναλαμβάνοντας έτσι παρατηρήσεις σε περιορισμένες μεν περιοχές του ωκεανού αλλά με μεγάλη συχνότητα. Ταυτόχρονα, τα αλιευτικά σκάφη ταξιδεύουν στις παράκτιες θαλάσσιες περιοχές όλες τις εποχές του χρόνου και σχεδόν με όλες τις καιρικές συνθήκες. Τα VOO δύναται να είναι εμπορικά και ερευνητικά σκάφη, κρουαζιερόπλοια, αλιευτικά σκάφη, ιστιοπλοϊκά ή ιδιωτικά γιοτ και έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν πλήθος επιστημονικών δεδομένων.

Οι τύποι δεδομένων που συγκεντρώνονται από τα VOO περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τις βασικές μεταβλητές κλίματος (ECV), που ορίζονται από το Παγκόσμιο Σύστημα Παρατήρησης Κλίματος (GCOS: <https://gcos.wmo.int/en/essential-climate-variables>) καθώς και τις βασικές ωκεάνιες μεταβλητές (EOV; https://www.goosocean.org/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=114), όπως ορίστηκαν στη συνάντηση OceanObs'09, που πραγματοποιήθηκε στη Βενετία τον Σεπτέμβριο του 2009, η οποία οδήγησε στην υιοθέτηση του Πλαισίου για την Παρατήρηση των Ωκεανών (FOO), το οποίο και έγινε στρατηγικό πλαίσιο των Global Ocean Observing Systems (GOOS; <https://www.goosocean.org/>) το 2015.

Η εφαρμογή συστημάτων παρατήρησης στα VOO είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, που περιλαμβάνει σημαντικό αριθμό διαδικασιών: το σύστημα απαιτεί τη στρατολόγηση σκαφών, την κατάλληλη

εγκατάσταση συσκευών συλλογής και μετάδοσης δεδομένων, βαθμονόμηση, επικύρωση και συντήρηση και πάνω απ' όλα , επεξεργασία δεδομένων.

Τα FerryBoxes (FB) αποτελούν το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα επιστημονικών συστημάτων πολυ-παραμετρικής παρατήρησης που επιχειρούν εγκατεστημένα σε εμπορικά πλοία. Γενικά, όλα τα συστήματα FB χρησιμοποιούν μια παρόμοια αρχή λειτουργίας. Το σύστημα αποτελείται από μια είσοδο νερού από την οποία το νερό αντλείται στο κύκλωμα μέτρησης που περιέχει πολλαπλούς αισθητήρες. Το βασικό σύστημα περιλαμβάνει αισθητήρες θερμοκρασίας, αλατότητας, θολερότητας και χλωροφύλλης-φθορισμού και δέκτη GPS για έλεγχο θέσης. Πολλά συστήματα περιλαμβάνουν επίσης έναν δειγματολήπτη θαλασσινού νερού και επιπρόσθετους αισθητήρες, π.χ. για οξυγόνο, pH, pCO₂ καθώς και μετεωρολογικά όργανα. Σήμερα υπάρχουν περισσότερα από 20 συστήματα FB που επιχειρούν στις ευρωπαϊκές θάλασσες.

Στον Ελλαδικό θαλάσσιο χώρο, το Poseidon FB (<https://poseidon.hcmr.gr/components/observing-components/ferrybox-system>) λειτουργεί καθημερινά στη διαδρομή μεταξύ Ηρακλείου και Πειραιά. Καθώς το πλοίο ταξιδεύει, το FB καταγράφει τη θερμοκρασία του θαλάσσιου νερού, την αλατότητα, τη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου, τη θολερότητα, τη συγκέντρωση χλωροφύλλης και την αλκαλικότητα του θαλάσσιου νερού. Τα δεδομένα μεταδίδονται σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιώντας δίκτυα κινητής τηλεφωνίας και αποθηκεύονται στο επιχειρησιακό κέντρο του ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ (<https://poseidon.hcmr.gr/>) παρέχοντας στην επιστημονική κοινότητα ένα χρήσιμο ερευνητικό εργαλείο και στους χρήστες μια ζωντανή εικόνα των περιβαλλοντικών συνθηκών στο Νότιο Αιγαίο Πέλαγος.

3. Χρήση ακουστικών Τομογράφων από μη ερευνητικά σκάφη

Μία παραλλαγή της χρήσης FerryBox από Σκάφη Εθελοντικής Παρακολούθησης είναι η χρήση Ακουστικών Τομογράφων Ρευμάτων (Acoustic Doppler Current Profilers, ADCP) εγκατεστημένων στη γάστρα των πλοίων. Ενώ η χρήση FerryBox εξασφαλίζει τη συλλογή επιφανειακών μόνο παραμέτρων (π.χ. θερμοκρασία, αλατότητα, θολερότητα και συγκέντρωση χλωροφύλλης σε ένα βάθος 2 – 5 μέτρων από την επιφάνεια), η τεχνολογία των ADCP επεκτείνει τη δυνατότητα παρατήρησης από μη ερευνητικά σκάφη σε βάθη έως 1000 περίπου μέτρων από την επιφάνεια, χωρίς καμία επίπτωση στην ταχύτητα ή γενικότερα το πρόγραμμα κινήσεων και τις επιδόσεις του πλοίου.

Η τεχνολογία ADCP είναι μια ακουστική, με παρεμβατική μέθοδος καταγραφής ενός προφίλ ταχύτητας ρεύματος, καθώς και της σχετικής ταχύτητας του σκάφους ως προς τον πυθμένα της θάλασσας. Βασίζεται στην ταυτόχρονη εκπομπή ηχητικών σημάτων σε τρεις ή τέσσερις ελαφρά αποκλίνουσες διευθύνσεις από τον πομποδέκτη του οργάνου (που είναι τοποθετημένος στη γάστρα του σκάφους) προς τον βυθό. Το επιστρέφον ηχητικό σήμα στον εκάστοτε πομποδέκτη έχει σκεδαστεί σε αιωρούμενα στο νερό σωματίδια, μετακινούμενα με τη σχετική ταχύτητα ρεύματος – οργάνου, και κατά συνέπεια η συχνότητά του έχει υποστεί κύλιση κατά Doppler. Έτσι, καταγράφοντας σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα την κύλιση κατά Doppler της κάθε ηχητικής ακτίνας, είναι δυνατός ο υπολογισμός της ταχύτητας του νερού σε σχέση με το όργανο σε διαφορετικά στρωματίδια του νερού κάτω από το σκάφος. Διανυσματικό άθροισμα των ταχυτήτων που καταγράφονται από τις τρεις ή τέσσερις δέσμες δίνει τη συνολική ταχύτητα του ρεύματος σε κάθε στρώμα.

Έτσι, η τεχνολογία ADCP αποτελεί μια εξαιρετική, μη παρεμβατική μέθοδο καταγραφής του προφίλ όχι μόνο της διεύθυνσης και ταχύτητας του ρεύματος, αλλά και της συγκέντρωσης ηχητικών σκεδαστών κάτω από το πλοίο. Οι μετρήσεις αυτές λοιπόν δίνουν τη δυνατότητα εκτίμησης της συνολικής ροής όγκου του νερού που διέρχεται μέσω τομής που καθορίζεται από το κανονικό δρομολόγιο του πλοίου, καθώς και της συνολικής βιομάζας (εφ' όσον βαθμονομηθεί η ένταση της ηχητικής ανάκλασης) του ζωπλαγκτού ή των μικρών πελαγικών ιχθύων κατά μήκος αυτής της τομής.

Λόγω των σημαντικών δυνατοτήτων που παρέχει αυτή η τεχνολογία, καθώς και των ευκαιριών ενίσχυσης ενός θετικού περιβαλλοντικού προφίλ, καθώς και της δυνατότητας πληροφόρησης των επιβατών του πλοίου σε περιβαλλοντικά θέματα, κάποιες ναυτιλιακές εταιρείες κρουαζιέρας αλλά και ακτοπλοΐες έχουν, σε συνεργασία με αντίστοιχους ωκεανογραφικούς οργανισμούς, εγκαταστήσει ADCPs στη γάστρα των σκαφών τους.

Για παράδειγμα, η ακτοπλοϊκή εταιρεία TESO σε συνεργασία με το ωκεανογραφικό κέντρο NIOZ στην Ολλανδία [έχουν εγκαταστήσει δύο ADCP διαφορετικών συχνοτήτων σε ένα οχηματαγωγό](#) που εκτελεί δρομολόγια στην παράκτια ζώνη της Ολλανδίας, παρέχοντας καθημερινά πολύτιμα ωκεανογραφικά δεδομένα.

Αντίστοιχα, ένα ADCP εγκατεστημένο στη γάστρα του επιβατικού οχηματαγωγού Norröna, που εκτελεί δρομολόγια μεταξύ Δανίας, νήσων Faroe και Ισλανδίας, σε μια συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Rhode Island, ΗΠΑ, [οδήγησε στην ανακάλυψη ενός ρεύματος](#) που οδηγεί σε ένα θαλάσσιο “καταρράκτη” στα όρια Αρκτικού και Βόρειου Ατλαντικού Ωκεανού (Chafik et al., 2020).

Το Graduate School of Oceanography του Πανεπιστημίου του Rhode Island έχει επίσης εγκαταστήσει ένα ADCP στη γάστρα ενός μικρού ακτοπλοϊκού σκάφους που δραστηριοποιείται στην παράκτια ζώνη του Rhode Island, στα πλαίσια του έργου [Ferry-Based Observations for Foster](#).

Αντίστοιχη εκμετάλλευση τοπικών ακτοπλοϊκών γραμμών με εγκατάσταση ADCPs σε πλοία της γραμμής [έχει προταθεί](#) από την Πολιτεία της Washington και το Πανεπιστήμιο της Washington για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής παρακολούθησης στο Puget Sound, στις ΒΔ Ηνωμένες Πολιτείες.

Η Ελλάδα θα μπορούσε να θεωρηθεί ιδανική περιοχή για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου, λόγω της πληθώρας των νησιών και των ακτοπλοϊκών δρομολογίων που τα συνδέουν, καθώς και του μεγάλου ακτοπλοϊκού στόλου που τα εξυπηρετεί.

Η μεγάλη πρόκληση είναι ότι η επένδυση που γίνεται με την εγκατάσταση ενός τέτοιου οργάνου στη γάστρα ενός πλοίου κινδυνεύει σε εποχιακή βάση να αναιρεθεί από τη συχνή αντικατάσταση των πλοίων στις ακτοπλοϊκές γραμμές. Μια πρόταση για την εφαρμογή σε μακρόχρονη βάση ενός τέτοιου συστήματος συνεχούς ροής χαμηλού κόστους ωκεανογραφικών παρατηρήσεων στην Ελλάδα, απαιτεί να ακολουθηθούν τα εξής βήματα:

- Επιλογή των προσφορότερων ακτοπλοϊκών γραμμών για τη χρήση τέτοιων συστημάτων,
- Σύνταξη των απαραίτητων τεχνικών προδιαγραφών ενός κατάλληλου φρεατίου υποδοχής συστήματος ADCP για άμεση εγκατάσταση ενός τέτοιου συστήματος σε ακτοπλοϊκό πλοίο,
- Συμπερίληψη όρου διαθεσιμότητας ενός φρεατίου πληρούντος τις προδιαγραφές αυτές για την ανάθεση των συγκεκριμένων επιλεχθεισών για αυτό το λόγο γραμμών σε κάποιο πλοίο.

4. Εφαρμογές βελτιστοποίησης διαδρομής

Εκτός από τις ευκαιρίες συνεργασίας της Ναυτιλίας με τη Θαλάσσια Έρευνα, θα πρέπει να εξετάσουμε και τις εφαρμογές μέσω των οποίων η πρόοδος της Θαλάσσιας Έρευνας υπηρετεί τη Ναυτιλία. Η πλέον προφανής επίπτωση της προόδου της Θαλάσσιας Έρευνας (σε συνάρτηση με παράλληλη πρόοδο στην Επιστήμη της Μετεωρολογίας και στις δυνατότητες των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών) είναι η βελτίωση των προγνώσεων καιρού που έχει συντελεστεί τις τελευταίες δεκαετίες. Αυτή η πρόοδος οφείλεται εν μέρει και στη μεγάλη αύξηση της ροής δεδομένων για αφομοίωση στη προγνωστικά μοντέλα καιρού από επιχειρησιακές πλατφόρμες συλλογής δεδομένων στη θάλασσα, όπως τα πλοία Εθελοντικής Παρακολούθησης (βλέπε ενότητα 3 παραπάνω), οι ελεύθερα παρασυρόμενοι επιφανειακοί πλωτήρες του Παγκόσμιου Προγράμματος Πλωτήρων ([Global Drifter Program](#) του WMO), οι καταδυόμενοι ελεύθερα παρασυρόμενοι πλωτήρες του Παγκόσμιου Προγράμματος [ARGO](#), αλλά και στην πρόοδο των δορυφόρων γεωεπιτήρησης και τη συνεχή παροχή πληροφορίας Θερμοκρασίας Επιφάνειας Θάλασσας.

Εδώ θα μας απασχολήσει ειδικά μια υπηρεσία που έχει αρχίσει να προσφέρεται σε ναυτιλιακές εταιρείες, αλιείς αλλά και ερασιτέχνες ναυτικούς και ιστιοπλόους και αφορά την παροχή εκτιμήσεων βελτιστοποίησης της σχεδιαζόμενης διαδρομής ενός σκάφους λαμβάνοντας υπ' όψη και τις προβλεπόμενες καιρικές συνθήκες, κυματισμό και θαλάσσια ρεύματα της περιοχής. Για αυτό το λόγο, η αγγλοσαξωνική εκδοχή της συγκεκριμένης υπηρεσίας αναφέρεται ως **weather routing**, δηλαδή **σχεδιασμός πορείας λαμβάνοντας υπόψιν τον καιρό**. Ο σχεδιασμός ενός πλόα με εκμετάλλευση αντίστοιχων υπηρεσιών έχει ως σκοπό:

1. την ασφάλεια του σκάφους και των επιβαινόντων
2. την άνεση των επιβαινόντων
3. την ελαχιστοποίηση της διάρκειας του πλόα
4. την εξοικονόμηση καυσίμων
5. την ασφάλεια του φορτίου και
6. τον αποδοτικότερο προγραμματισμό υπηρεσιών φόρτωσης / εκφόρτωσης στο λιμένα.

Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι η κατάσταση ναυτικών χαρτών της επιφανειακής θαλάσσιας κυκλοφορίας που ξεκίνησε από τον 16ο αιώνα στο Βόρειο Ατλαντικό και γνώρισε τεράστια ανάπτυξη με τη συνεισφορά των Maury και Rennell στον 19ο αιώνα, ήταν ακριβώς το weather routing εκείνης της εποχής. Αυτή η απαίτηση της γεωγραφικής γνώσης επικρατούντων ανέμων και υδάτων ήταν απαραίτητη σε μια εποχή που η κίνηση τα πλοία ήταν αποκλειστικά ιστιοφόρα. Γνωρίζουμε ήδη ότι από τον 15ο αιώνα οι Ευρωπαίοι ταξίδευαν προς τη Βόρεια Αμερική ακολουθώντας τις νότιες παρυφές του αντικυκλώνα του Βόρειου Ατλαντικού και επέστρεφαν από τη Βόρεια διαδρομή, ελαχιστοποιώντας με αυτό τον τρόπο το χρόνο διέλευσης του Ωκεανού (Peterson et al., 1996). Έτσι, μέχρι τις σημερινές εξελίξεις σε μετεωρολογία, φυσική ωκεανογραφία και τεχνολογία, όπου η πρόγνωση καιρού, κυματισμού και ρευμάτων και η άμεση πληροφόρηση είναι πλέον δυνατή, το ρόλο του weather routing κατείχαν οι πλοηγοί που εξέδιδαν οι Υδρογραφικές Υπηρεσίες των διαφόρων κρατών και μεταξύ άλλων

περιέγραφαν κλιματολογικά (με μια στατιστική προσέγγιση) τις επικρατούσες συνθήκες σε μια περιοχή, βοηθώντας τους ναυτικούς να χαράξουν τη βέλτιστη διαδρομή για τους σκοπούς τους.

Σήμερα, η χρονική επέκταση του εύρους πρόβλεψης και η αυτοματοποίηση των διαδικασιών weather routing έχει οδηγήσει σε σημαντική επέκταση αυτών των υπηρεσιών και εμπορική διάθεσή τους. Αντλώντας πληροφορία από το αντίστοιχο κεφάλαιο 37 του American Practical Navigator (2002), η βελτιστοποίηση της διαδρομής ενός σκάφους απαιτεί:

1. Ένα σύστημα πλοήγησης για τον υπολογισμό της απόστασης διαδρομής, χρόνος διαδρομής, εκτιμώμενος χρόνος άφιξης (ETA's), και την παροχή 6-ωρων συνοπτικών θέσεων DR για το εύρος των δυναμικών προβλέψεων για την πορεία του σκάφους,
2. Ένα σύστημα επιτήρησης για την έρευνα ανέμου, θάλασσες, ομίχλη και τα ωκεάνια ρεύματα που λαμβάνονται από το δυναμικό και κλιματολογικά πεδία.
3. Ένα σύστημα περιβαλλοντικών περιορισμών που επιβλήθηκε ως μέρος της διαδικασίας επιλογής διαδρομής και επιτήρησης. Οι περιορισμοί είναι τα ανώτερα όρια του ανέμου και των θαλασσών που είναι επιθυμητά για τη διέλευση. Καθορίζονται από στοιχεία όπως βαθμός φόρτωσης του πλοίου, μέγιστη ταχύτητα και ευπάθεια. Το σύστημα περιορισμών είναι ένα σημαντικό μέρος της διαδικασίας επιλογής διαδρομής και λειτουργεί ως σύστημα προειδοποίησης όταν ο καιρός και η θάλασσα πρόγνωση κατά μήκος της σχεδιαζόμενης πορείας υπερβαίνει τα προκαθορισμένα όρια.
4. Χαρακτηριστικά της ταχύτητας πλοίου που απαιτούνται για την κατά προσέγγιση εκτίμηση της ταχύτητας του πλοίου (SOA) κατά τη διέλευση βάσει των προβλεπόμενων καταστάσεων της θάλασσας.

Όπως αναφέραμε παραπάνω, υπάρχει πλέον σημαντική εμπορική δραστηριότητα και διάφορες επιλογές για τις υπηρεσίες αυτές. Επειδή η παρούσα υπηρεσία δεν έχει το ρόλο διαφήμισης ή διασύνδεσης με εμπορικές εταιρείες, προτρέπουμε τους ενδιαφερόμενους φορείς να χρησιμοποιήσουν τη φράση-κλειδί **weather routing** στο Διαδίκτυο προκειμένου να αποκτήσουν πρόσβαση στις υπηρεσίες αυτές.

Βιβλιογραφία

- American Practical Navigator (2002). National Imagery and Mapping Agency, Bethesda, Maryland, U.S.A., NSN 7642014014652, NIMA REF. NO. NVPUB9V1. <https://thenauticalalmanac.com/Bowditch-%20American%20Practical%20Navigator/Bowditch.pdf>.
- Bilić, T. (2020). Pytheas and Hecataeus: Visions of the north in the late fourth century B.C. *Greek, Roman and Byzantine Studies*, 60 (4): 574 – 593.
- Bilić, T. (2016). The island of the sun: Spatial aspect of solstices in early Greek thought. *Greek, Roman and Byzantine Studies*, 56 (2): 195 – 224.
- Breeze, D., & Wilkins, A. (2018). Pytheas, Tacitus and Thule. *Britannia*, 49, 303-308. doi:10.1017/S0068113X18000223
- Chafik, L., Hátún, H., Kjellsson, J. et al. (2020). Discovery of an unrecognized pathway carrying overflow waters toward the Faroe Bank Channel. *Nature Communications* 11, 3721. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17426-8>
- Lelgemann, D. (2012). Where was Thule situated? - Geodetic data from antiquity [Wo lag thule? - Geodätische daten aus der antike]. *ZfV - Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*. 137 (6): 335 – 339.
- McPhail, C. (2014). Pytheas of Massalia's route of travel. *Phoenix*, 68 (3-4): 247 – 2571. <https://www.jstor.org/stable/10.7834/phoenix.68.3-4.0247>
- Peterson, R.G., Stramma, L. and Kortum, G. (1996). Early concepts and charts of ocean circulation. *Progress in Oceanography*, 37 (1): 1-115. [https://doi.org/10.1016/S0079-6611\(96\)80002-4](https://doi.org/10.1016/S0079-6611(96)80002-4).
- Scott, L. (2021). *Pytheas of Massalia: Texts, Translation, and Commentary* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003181392>