

NAUSIVIOS CHORA

A Journal in Naval Sciences and Technology

PART E:

Marine Sciences and Naval Operations



ΝΑΥΣΙΒΙΟΣ ΧΩΡΑ

Περιοδική Έκδοση Ναυτικών Επιστημών

ΜΕΡΟΣ Ε:

Ναυτικές και Θαλάσσιες Επιστήμες και
Επιχειρήσεις

Volume 5/2014 - Τεύχος 5/2014

TABLE OF CONTENTS

C. Kastrisios, <i>Methods of Maritime Outer Limits Delimitation</i>	E-3
C. Lelis, <i>Study of Structure and Seasonal Fluctuations of North Aegean's Sea Surface Circulation for the Delimitation of Search and Rescue Areas</i> (in Greek)	E-23
A. Drivas, <i>Warship Electronic Chart Display and Information System WECDIS</i> (in Greek)	E-51

Methods of Maritime Outer Limits Delimitation

Christos Kastrisios, Lt. H.N. MPS/GIS ^{a b c}

^a *Hellenic Navy Hydrographic Service, christoskas@hotmail.com*

^b *National Technical University of Athens, Cartography Laboratory*

^c *Hellenic Naval Academy, Sea Sciences and Navigation Laboratory*

Abstract. The 1982 United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS) is the document that serves as the public and customary law, codifies the various maritime zones and their regime. Jurisdiction over maritime zones is important in terms of security, exploration and exploitation of natural resources, international relations and effective ocean management. Scientists and professionals from a variety of disciplines are concerned with maritime zones, the legal and the technical aspects of the competing interests among coastal states. However, of great importance is the technical expert himself who is responsible for taking full account of the provisions and requirements of UNCLOS, advice and inform the governments on its technical aspects and employ methods for delineating maritime outer limits in accordance to its provisions. The present paper is concerned with the delimitation methodologies proposed by cartographers and applied by States and juridical bodies, with respect both unilateral and bilateral limits and aims at contributing to an update to the relevant literature by providing detailed guidelines on how to construct the outer limits graphically.

Keywords: Maritime Zones, Graphical Methods, Equidistance, Territorial Sea, Continental Shelf, Contiguous Zone, Exclusive Economic Zone, UNCLOS, Law of the Sea

PACS: Cartography, 91.10.Da

INTRODUCTION

The United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS) provides the framework for the delimitation of maritime outer limits and the jurisdiction over maritime space, but yet it remains silent with respect to the technical aspects of the delimitation in some of its provisions. This gap has been fulfilled by cartographers who developed technical guidelines and by states and juridical bodies with their practices on precedent delimitation cases. Formerly, the delimitation of maritime space was carried out solely with traditional graphical methods employed directly on charts of suitable scales. With the advent of computers, specialized software applications provided the technical expert with the ability to tackle problems that had been difficult to handle previously. Tasks, such as the performance of geodetic computations to allow for variations arising from the curvature of the earth's surface, have now been resolved quickly and efficiently. Nevertheless, the methods themselves have not changed; on the contrary GIS (Geographic Information Systems) applications incorporated these methods.

This paper reviews the predominant graphical methods for the delimitation of outer limits, unilaterally and bilaterally. Additionally, it delves into juridical bays, the tests for verifying their legal status and the methods for establishing the natural entrance points from which the closing lines should be drawn. Every subject discussed is supported by colored figures developed specifically for this work. The legal background is provided when necessary for the progress of

the work to be done. Issues related to datum, baselines and charts are not considered but are taken for granted, although, from a technical perspective, they all constitute factors of great importance in the process of delimiting a state's maritime zones.

HISTORICAL BACKGROUND

The Third United Nations Convention on the Law of the Sea (hereinafter: UNCLOS III) was opened for signature in Montego Bay, Jamaica, on December 10th 1982 and came into force on November 16th 1994, twelve months after receiving its sixtieth ratification. The 1982 Convention revised the previous 1958 Convention, codified customary law and State practices of the time and also introduced new provisions regarding maritime space.

UNCLOS III represents the perpetual effort of coastal states to codify rights and duties over waters both adjacent to and distant from their territory and is the result of a long time process beginning in antiquity. From the division of the southern hemisphere oceans between the two thalassocratic states of Spain and Portugal in their favor (*Treaty of Tordesillas*, 1494), we shifted to the doctrine of *Mare Liberum* (the free seas) propounded by Grotius at the beginning of the 17th century. According to *Mare Liberum* doctrine, the sea is common to all humanity and no state is entitled to claim dominion over it. The doctrine was opposed, especially by the big powers of the era, but remained the cornerstone of the law of the sea for quite some time (until the 1945 Truman Proclamation for jurisdiction over the sea bed and subsoil). In 1639, John Selden, who opposed the *Mare Liberum* Doctrine, supported, among others, the right of a state to control a narrow zone of sea along its coast (*Mare Clausum* doctrine) mainly for protection purposes against piracy and other hostile actions. The exercise of effective control over that sea zone (the predecessor of the *territorial sea zone*) was limited by the range of cannons on the coasts (*cannon shot* rule). Around the end of the 18th century, it was recognized that the maximum range of a cannon shot was 3 miles and hence the breadth of the zone that could be claimed by coastal states. Later, in the early 20th century, many nations demanded jurisdiction over extended areas for protecting fish stocks; an area known as *fishery zone*.

The first attempt in 20th century of the international community to codify maritime zones and delimitation methods failed (Hague Conference, 1930). On the contrary, the next attempt came off and resulted in four separate treaties (UNCLOS I, Geneva, 1958); the conventions on the Territorial Sea and Contiguous Zone, on the Continental Shelf, on the High Seas and the Convention on Fishing and conservation of living resources of the High Seas. At the second Conference (UNCLOS II), held in Geneva (1960), States tried to resolve the issues of the territorial sea and the fishery zone, with respect the maximum breadth of the zones, but that effort was unsuccessful and they did not come to an agreement. On the contrary, after ten sessions (1973 – 1982), the third Conference resulted in the public international law of the sea as it exists nowadays and which is accepted as the codification of customary international law of the sea.

BASELINES

One of the fundamental concepts in UNCLOS is that of the baseline which divides the land and the inland waters from the sea. A baseline serves as the line from which the maritime zones are measured and normally coincides with the low-water line (*normal baseline*) as marked on large-scale charts officially recognized by the coastal State (*rule of tidemark*). The low-water mark prevailed over the high-water mark as it gives the coastal State the right to measure the maritime zones from the outermost land above water at low tide⁽¹⁾.

Alternatively, in localities where the coastline is deeply indented or cut into, or if there is a fringe of islands along the coast in its immediate vicinity, *straight baselines* may also be used.

The concept of straight baselines was introduced to the international law with the Anglo-Norwegian case in which Norway drew straight lines along the Norwegian coast. Much of the Norwegian coast is dominated by the so called *skjaergaard* (meaning rock rampart), fjords formations fringed by numerous islands, rocks and reefs. Norway has been using straight lines since the mid 19th century, a practice contended by the United Kingdom. The dispute was eventually taken to the International Court of Justice (ICJ) in 1949 and ultimately ICJ, in its 1951 judgment, upheld Norway's practice and found the system of straight baselines in conformity to the international law ⁽²⁾.

The newly proposed concept was incorporated within the provisions of the 1958 Convention and bequeathed to the 1982 Convention. From a technical perspective straight baselines prevent the construction of highly irregular outer limits impractical for the coastal State and every other party involved, but they are permissible only where the local geography justifies such departure from the normal baseline. As they are codified in the convention, straight baselines may not be drawn from low tide elevations unless a lighthouse or similar installation, permanently above sea level, is built. They also cannot be drawn *"in such a manner that they cut off the territorial sea of another State from the high seas or an exclusive economic zone"* ⁽³⁾. For the identification of the suitable points on coast from which drawing a straight baseline is permissible, P.B. Beazley suggested a simple criterion according to which a straight line can be drawn from two features if they are enclosed within the same continuous or overlapping belt of territorial sea (see Figure 1) ⁽⁴⁾.

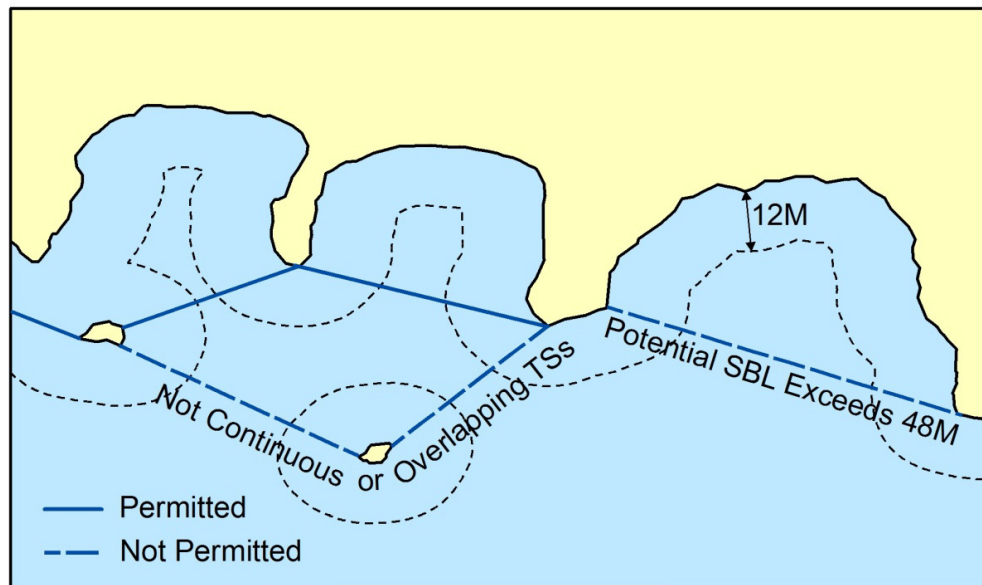


FIGURE 1. Beazley's criterion for drawing straight baselines

There is no restriction for the maximum length of the straight baselines (Beazley suggested they should not exceed 48 nautical miles), with the exception of the special providence for the system of straight archipelagic baselines. Archipelagic States may draw straight lines, joining the outermost points of the outermost islands and drying reefs of the archipelago, not exceeding 100 nautical miles (NM) with the exception of an up to 3 per cent of the total number of the lines that may reach up to 125NM. Often a combination of normal and straight baselines is used (*mixed baseline*).

MARITIME ZONES – LIMITS AND RIGHTS

The convention parcels the sea into a variety of maritime zones a coastal state may claim (see Figure 2). Each zone grants certain rights to the coastal State and carries certain obligations to the foreign States and vessels. Subject to Article 87, every state and vessel enjoy six freedoms in high seas, namely the freedom of navigation, the freedom of overflight, that of laying submarine cables and pipelines, the freedom of marine scientific research, of constructing artificial islands and installations, and that of fishing. The general principle is the closer to the coast the greater the degree of rights for the coastal State which consequently curtails some or all of the six freedoms for the foreign States and vessels. In detail:

- *Internal Waters* (IW), which cover all water on the landward side of the baseline. The internal waters are considered part of the State's territory and the coastal State exercises full sovereignty over them ⁽⁵⁾. Sovereignty, which is applied over seabed, water column and air space, postulates that foreign vessels and states are deprived of all of the high seas freedoms.

- *Territorial Sea* (TS), measured from the baseline seaward, the breadth of which may not exceed 12NM. The coastal State's sovereignty is extended beyond its land territory and internal waters in the territorial sea ⁽⁶⁾, but within this zone the freedom of innocent passage for the foreign vessels is retained ⁽⁷⁾.

- *Contiguous Zone* (CZ) which is adjacent to the territorial sea and may not extend beyond 24 NM from the baseline. Typically, that is 12 NM wide, but may be more if a state claims territorial sea less than 12NM. In the contiguous zone the coastal State has the jurisdiction to regulate and put laws into in order to prevent and punish infringements of its customs, fiscal, immigration or sanitary laws committed within its territory or territorial sea⁽⁸⁾. Within contiguous zone the coastal state has no further rights and the high seas freedoms remain unaffected.

- *Exclusive Economic Zone* (EEZ), which is adjacent to the territorial sea and may not extend beyond 200 NM from the baseline. In the Exclusive Economic Zone the coastal state has sovereign rights for the purpose of exploring and exploiting, conserving and managing the natural resources, both living or non-living and the jurisdiction to establish artificial islands or installations and to conduct scientific research. Coastal state is responsible for the protection of marine environment. Foreign vessels enjoy three of the six high seas freedoms, namely the freedoms of navigation, the freedom of overflight and that of laying submarine cables and pipelines ⁽⁹⁾.

- *Continental Shelf* (CS) which is again adjacent to the TS but, in contrast to the other maritime zones, not only distance dependent. The outer edge of the continental shelf is delineated by combining three lines. Firstly, the distance-constrained line which cannot exceed the 350NM from the baseline; secondly, the depth-constrained line which may not extend beyond 100NM from the 2,500 meter isobath and thirdly, the formula line extending 60NM from the foot of the continental slope (see Figure 3). The regime of continental shelf is similar to that of the EEZ but the rights it grants are limited to the seabed and subsoil, excluding the superjacent water column and airspace. Unlike EEZ, which has to be proclaimed by the coastal State, the sovereign rights of the coastal State over the continental shelf exist *ipso facto* and *ab initio*. In other words coastal State's rights over CS "*do not depend on occupation, effective or notional, or on any express proclamation and, therefore, can be exercised at any time*" ⁽¹⁰⁾.

- *High Seas* are all parts of the sea that are not included in any of the above maritime zones. Over High Seas, all freedoms are retained for every state. Mention should be made of "*The Area*" which comprises the sea-bed, ocean floor and subsoil below the high seas with the exception of that which is claimed as a state's *extended continental shelf* (the part of the CS extending beyond 200NM). The Area with its resources is common heritage of mankind and must be used for the benefit of all states.

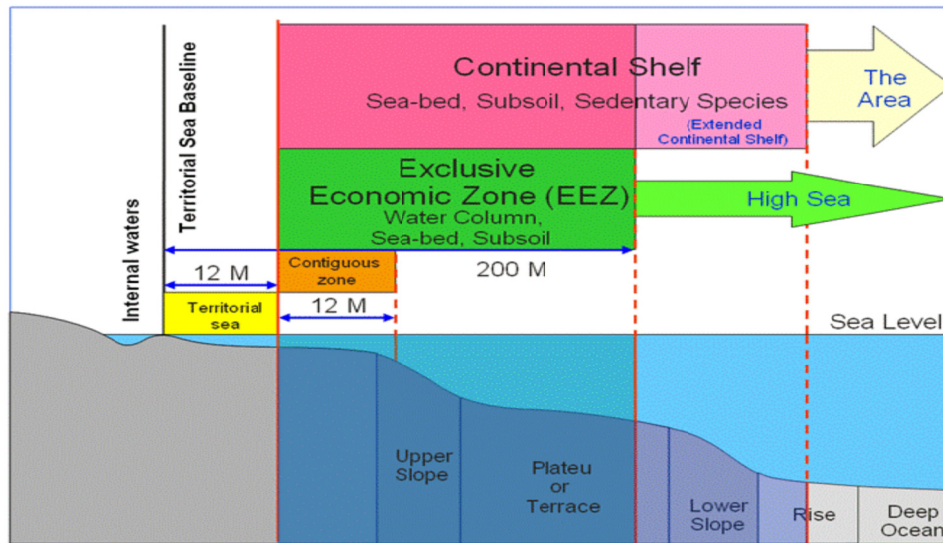


FIGURE 2. Maritime jurisdictions of a coastal State ⁽¹¹⁾

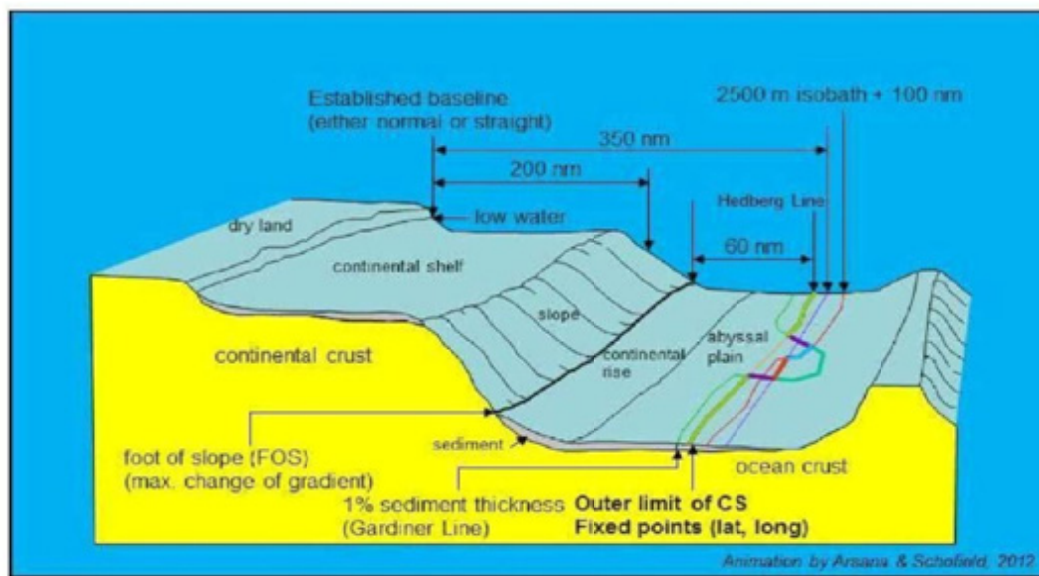


FIGURE 3. How the Continental Shelf is delineated. ⁽¹²⁾

JURIDICAL BAYS

According to the 1982 convention, a bay is “a well-marked indentation whose penetration is in such proportion to the width of its mouth that it contains landlocked waters and constitutes more than a mere curvature of the coast” ⁽¹³⁾. With the exception of historic bays, for which there are no such requirements, an indentation qualifies as a juridical bay when two objective criteria are met. Firstly, the length of the bay closing line does not exceed 24NM (see Figure 4) and secondly, the enclosed area is at least as large as, or larger than, that of the semi-circle whose diameter equals to the length of the closing line (see Figure 5). The waters on the landward side of the closing line constitute inland waters and the closing line itself becomes a part of the baseline from which the maritime zones are measured. On the contrary, if either of the criteria is

not satisfied the bay is not considered legal. A bay should belong to a single State otherwise drawing a closing line is prohibited.

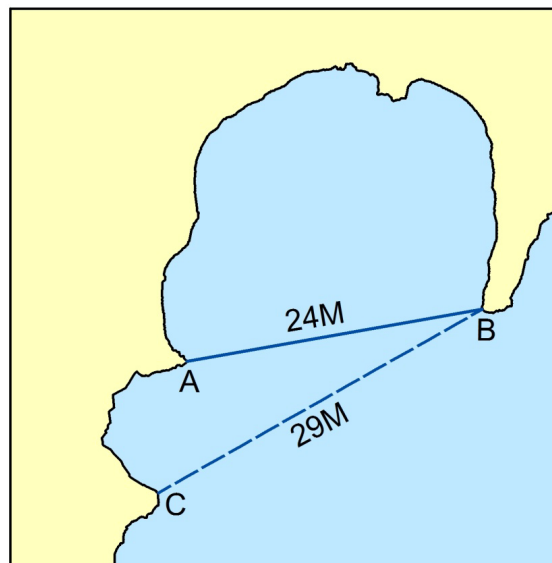


FIGURE 4. The distance test

To graphically examine the semi-circle criterion, the expert draws the semi-circle on the landward side. If it is fully enclosed in the bay, the criterion is met (see bay AB in Figure 5), otherwise the bay is not juridical (see bay CD in Figure 5). Wherever the distance between the low-water marks of the natural entrance points of a bay exceeds 24NM, the coastal state can draw a closing line up to 24 NM within the bay, given that the area condition is also satisfied.

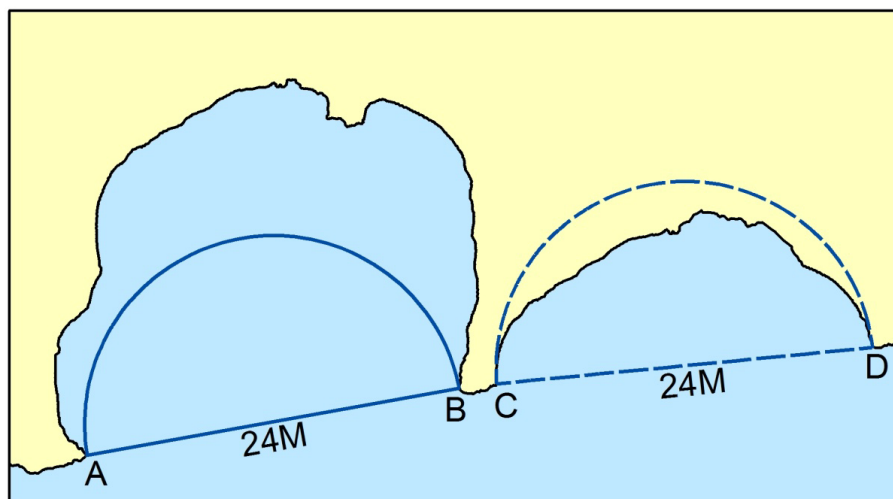


FIGURE 5. The semi-circle test.

Often, geographic features create more than one entrance/ mouth. In the existence of multiple mouths, due to the presence of islands, the diameter of the semicircle equals to the combined length of the lines across the different mouths ⁽¹⁴⁾. With regards to their location, the islands may lie across the mouth of the bay and, therefore, intersected by the direct line between the mainland headlands (see bay AB in Figure 6), or may lie on the seaward side of it

and the additional water area is also landlocked (see bay CD in Figure 6). Again both criteria must be satisfied.

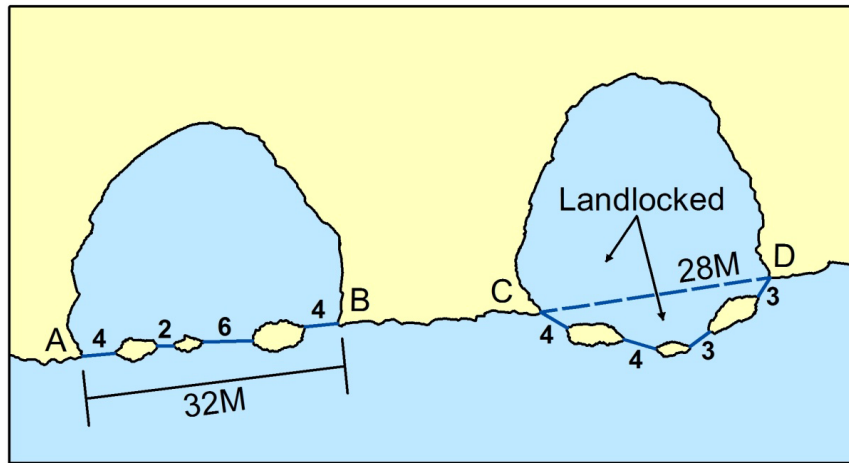


FIGURE 6. Bays with islands in mouths.

In localities where the semi-circle test cannot be explicitly verified, by conducting the semi-circle test as described above, the technique of reduced areas originally proposed by Boggs can be used ⁽¹⁵⁾. With a radius equal to one-fourth the length of the mouth, an envelope of arcs is drawn (similar to constructing unilateral outer limits as described later in this study) from every point within the bay. The remaining reduced area (dotted area in Figure 7) is compared to the reduced semicircle whose radius equals to one-fourth the closing line's length. If the area test is now satisfied the bay is considered legal.

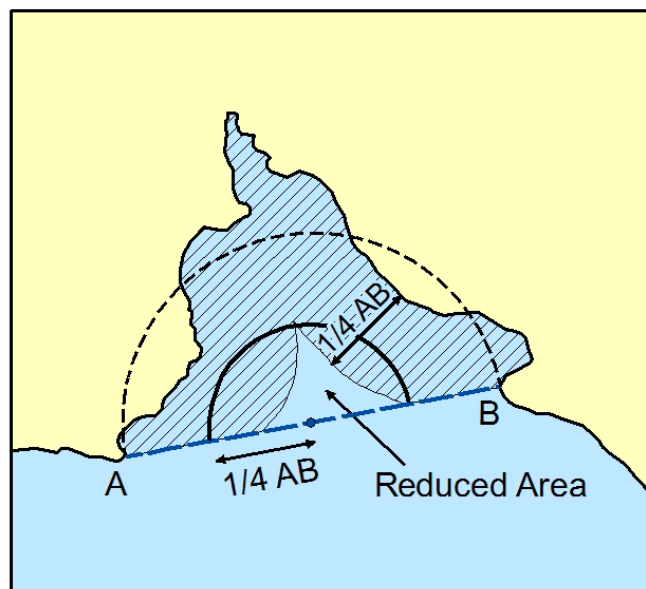


FIGURE 7. Reduced area test

Often, the terms “*headland*” and “*natural entrance point*” (hereinafter: NEP) of a bay are used interchangeably; however, a distinction between the two has been made by experts. Hereinto, the former refers to an extension of the land out into the water, while the latter to the precise point on a headland from which the bay closing line is drawn. The graphical determination of the

NEP is a challenging task and the convention is of no assistance on this matter. There is an indefinite number of potential entrance points, depending on the local geography, that could be selected for drawing the bay closing line ⁽¹⁶⁾. To standardize the procedure, three objective techniques, applicable to the various geographic situations, have been proposed, namely the 45-degree test, the bisector of the two-tangent test and the shortest-distance test ⁽¹⁷⁾.

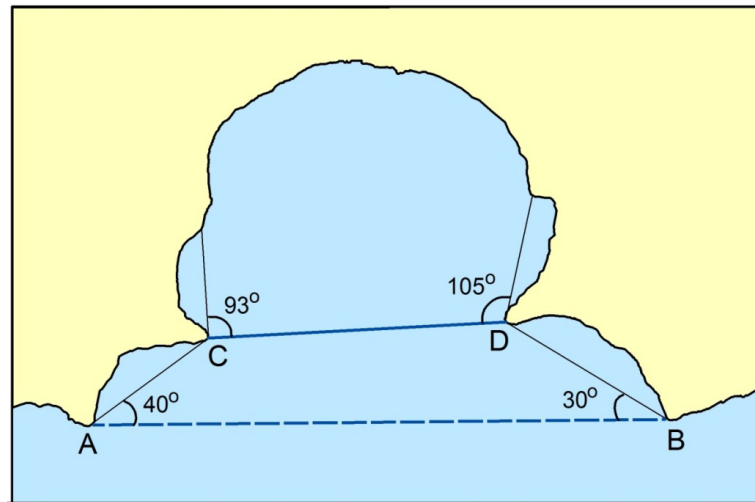


FIGURE 8. The 45-degree test

The *45-Degree Test* (Hodgson and Alexander) is the first of the alternatives for the determination of the NEPs and is mainly applicable in the existence of a pronounced headland of the coast. The expert begins by drawing the closing line between the selected headlands. From each headland a line to the next headland inside the bay is drawn. If the general direction of the lines on both sides of the bay is more than 45 degrees, with respect to the bay closing line, the headlands from which the tests were conducted are the NEPs (see closing line CD in Figure 8). If not (see closing line AB in Figure 8), the test can be repeated for the next headland until both angles are greater than 45 degrees.

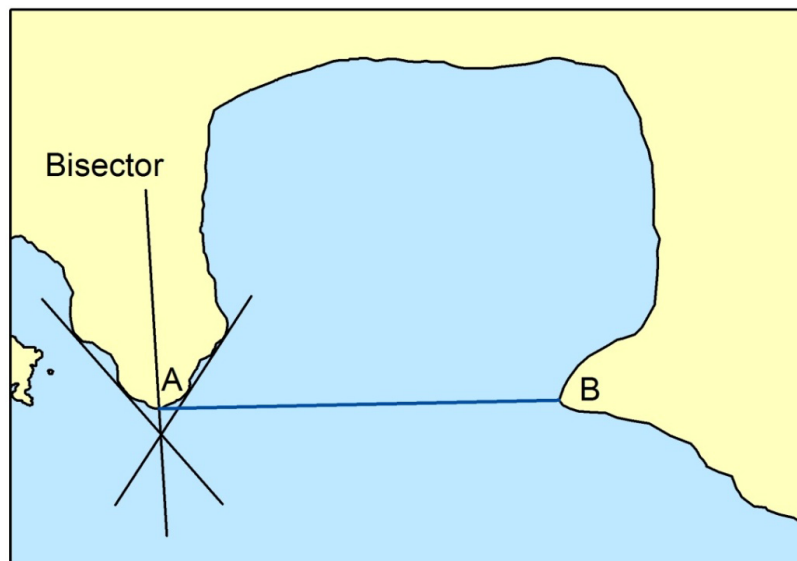


FIGURE 9. The bisector of the two tangents test

The *Bisector of the Two Tangents Test* is an alternative to the 45-degree test for the determination of the NEP to the bay. Reed stressed that “*the bisector of the angle test is employed when the shores facing on the open sea and interior water body are joined by a smooth curve, or arc, rather than a pronounced headland*”⁽¹⁸⁾. The NEP is found by the intersection between the baseline and the bisector of the angle formed by two line tangents to the general direction of the coast (see point A in Figure 9).

The *Shortest Distance Test* is best to be applied when the coastline is featureless on the one side of the bay while the other entrance comprises of a distinct geographic feature such as a headland or arc (for which the NEP can be easily determined with one of the other two tests). If that is the case neither of the aforementioned two tests can assist locating the NEP on the featureless side and the technical expert should draw the shortest distance line between the headland and the opposite coast (see closing line AB in Figure 10). One of the variations of this test suggests that, instead of drawing the shortest distance between the opposite coasts, a connecting line whose general direction is not smaller than 45 degrees is also accepted (see closing line AC in Figure 10). By drawing the connecting line not at a right angle a larger area of the sea is enclosed within the bay, though in this case the question raised is whether the waters are enclosed or not.

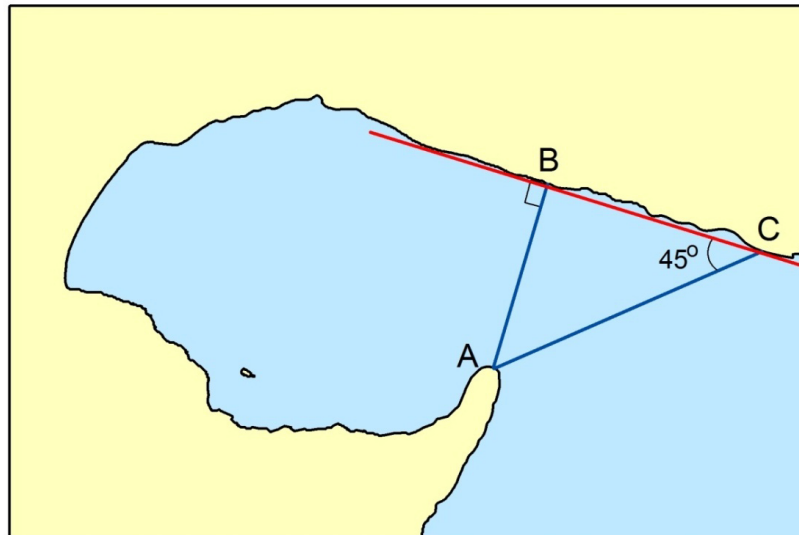


FIGURE 10. The shortest distance test

UNILATERAL AND BILATERAL LIMITS

The delimitation of maritime outer limits begins with the selection of the proper nautical charts officially recognized by coastal State(s) which depict the coastline(s) at the largest possible scale. Charts will be used either for the graphical construction of maritime zones directly on them or for taking the basepoints' (a “*basepoint*” is any point on the territorial sea baseline) coordinates off them for use with GIS software. One can discriminate between two broad categories; “*unilateral*” and “*bilateral*” limits. The former is the case when, in the absence of overlapping claims between the maritime zones of neighboring states, the coastal State has the right to claim its outer limits to the maximum extent. On the contrary, bilateral are the limits when the maritime zones of two neighboring coastal states (either adjacent or opposite), at their maximum extent, overlap (“*multilateral*” for more than two states, but the method does not differ from the method for the bilateral delimitation). Unilateral or bilateral, outer limits can be constructed graphically or automatically utilizing one of the existing GIS software.

Automated Delimitation

With the invention of computers, specialized software applications provided the technical expert with the ability to tackle problems that had been difficult to handle previously. The software developed in the early '80s was capable of performing geodetic computations to allow for variations arising from the curvature of the earth's surface quickly and efficiently as well as for storing large datasets in digital form.

DELMAR (DELimitation of MARitime boundaries), developed by Carrera in 1989 for the Canadian government, was an innovative solution but had its drawbacks (i.e. geodetic calculations had to be done in separate programs, it was designed to operate under the MS-DOS environment) and soon became obsolete (Collier et.al 2002). Following DELMAR, in 2000 the Department of Geomatics at the University of Melbourne, Australia completed the development of the MarZone ("Maritime Zone") software on behalf of AUSLIG (now Geoscience Australia).

Nowadays, the leading software in maritime boundaries delimitation is the LOTS ("Law Of The Sea") by CARIS which has been in the geomatics applications industry for more than thirty five years. LOTS is currently being used by more than 50 coastal states (CARIS, 2014) and is designed to aid in the delineation and delimitation of marine boundaries as required by the United Nations Convention on Law of the Sea (Sutherland and Nichols, 2002). LOTS is also capable of delimiting the outer limits of the CS, in accordance with the provisions of article 76 of UNCLOS.

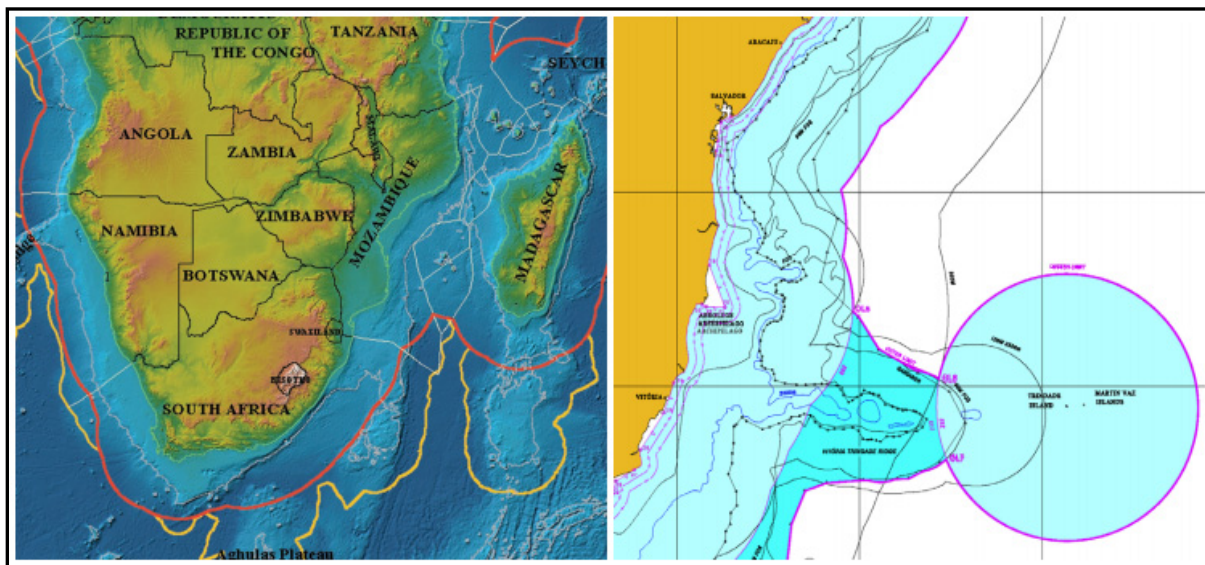


FIGURE11 – Maritime Boundaries with CARIS LOTS⁽¹⁹⁾

One of the latest efforts in the maritime boundaries delimitation market is the Maritime Zones Plug-in by Geocap, released in December 2013. The plugin works directly with the ESRI's ArcGIS software. It provides a wizard that lets the user setup calculation parameters for the various maritime zones which are then automatically delineated. Lastly, it would be an omission not to mention ESRI's ArcGIS, because despite not being software of dedicated use like the above, it can also be utilized by the technical experts for the construction of maritime limits.

Unilateral Limits

In this chapter the methods for the construction of a state's Territorial Sea at its maximum width are examined. These methods apply to the delimitation of CZ and EEZ which are, as well as the TS, solely depended on the distance from baselines. The delimitation of the Extended Continental Shelf (the part of the CS extending beyond 200NM) depends on the bathymetry and sediment thickness of the area in question and before applying the methods described in this chapter, the technical expert needs to establish the foot of the slope, the 1% sediment thickness and the 2500m isobath. Article 76 of the convention and the UN's publication "Scientific and Technical Guidelines of the Commission on the Limits of the CS" ⁽²⁰⁾ delve into the methods for determining the above requisite parameters.

The predominant graphical method for delimiting the outer limit is the "*envelope of arcs*". Envelope of arcs produces a line complying with the dictates of Article 4 for a line "*every point of which is at a distance from the nearest point of the baseline equal to the breadth of the territorial sea*" ⁽²¹⁾. The technical expert, using a compass set to 12NM, draws successive arcs centered on points along the baseline and the outer limit which is generated by the continuous series of the seawardmost intersecting arcs (see Figure 12) is known as the envelope line. The inverse use of the envelope of arcs is the method the navigators apply when they examine whether they sail inside or outside a State's TS. Particularly, the navigator draws an arc with a 12 NM radius from his known position and if the arc intersects the coastline the ship sails within the State's TS, otherwise it sails outside of it.

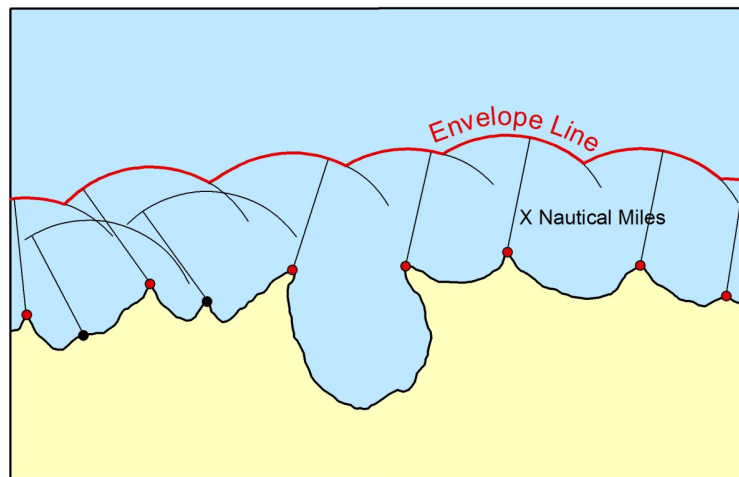


FIGURE 12. The envelope of arcs method

The TS's outer limit can also be constructed as the continuous line traced by the center of a circle of radius equal to the breadth of the TS which rolls tangential along the baseline (see Figure 13)¹.

Another approach to the delineation of the outer limits, prescribed by ICJ in its Anglo-Norwegian Fisheries Case, is the *replica line* (or *trace parallel*). The replica line is constructed as an exact copy of the baseline shifted seaward to a distance equal to the width of the TS (see

¹ The idea of running a circle along the seashore was introduced by Julian Perkal in his work "On the length of Empirical Curves, (1958)" in which he brought attention to the need of simplifying the geometrical shape of an arc. The constructed outer limit, as described in the text, represents the Perkal's " ϵ -generalized edge of the land in the sea" displaced X NM seaward. Perkal extended the use of the ϵ -convex circle for measuring the length of linear features on maps.

Figure 13). With terms of a normal baseline IHO C-51 publication disputes whether replica line can meet article 4 requirements ⁽²²⁾, (see how an arc drawn from a point on coastline intersects the replica line in Figure 13), though it is the preferred method for the construction of outer limits from straight baselines.

Figure 14 depicts the replica line of the same coastline as the one used in Figures 12 and 13 but this time a closing line at the mouth of the bay has been drawn.

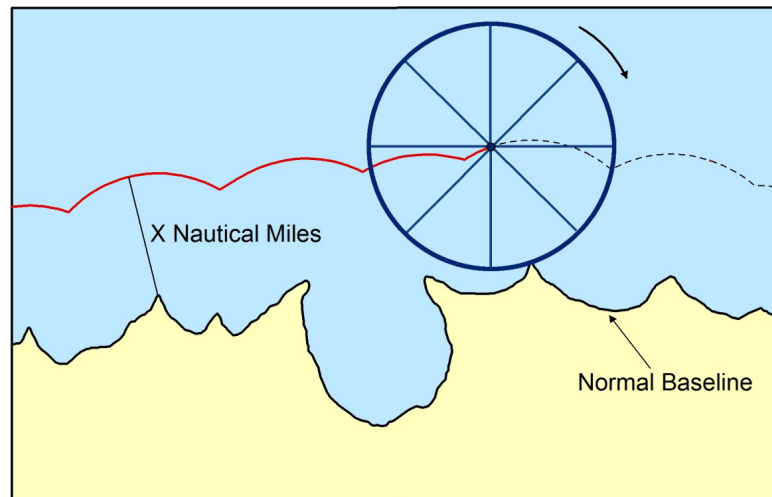


FIGURE 13. The method of the tangent circle.

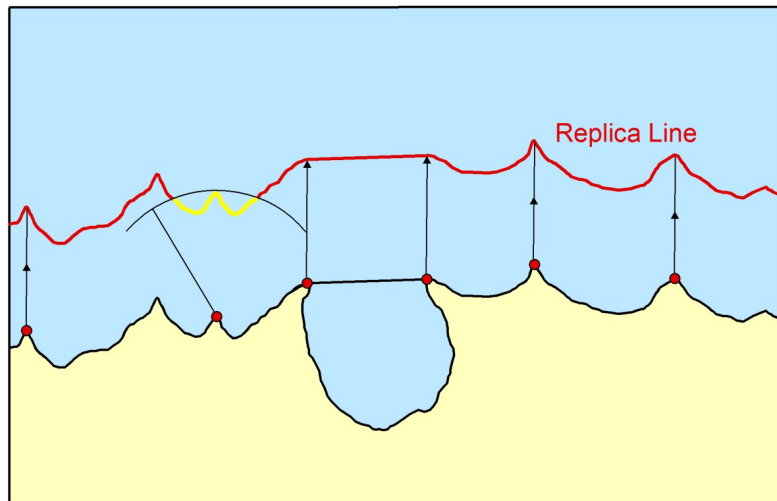


FIGURE 14. The replica line method

Lastly, the so called “*conventional line*” ⁽²³⁾ is the combination of the aforementioned methods (see Figure 15). In detail, from a normal baseline, the technical expert draws an envelope of arcs with the compass set at 12NM, while from straight baselines or bay closing lines he draws replica lines at a distance of 12NM. The conventional line is generated by the continuous series of the intersected arcs and straight line segments.

The quality of the constructed outer limit is not only a matter of the spacing among the points but of selecting the appropriate salient points on the baseline as well. If these points are

correctly selected, the method is so definite that it can only come up with one line. The number of the *critical points* on the baseline that affect the delimitation is inversely proportional to the breadth of the maritime zone. Furthermore, the farther the outer limit from the baseline, the lesser the sinuosity and detail of the baseline reflected (in Figure 16 the black and red circles indicate the location of critical points for the outer limits “1x” and “4x” respectively).

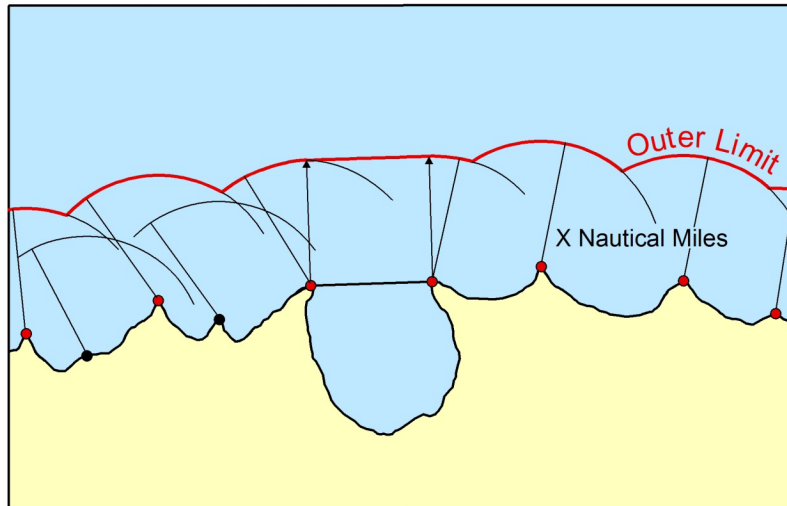


FIGURE 15. The conventional line constructed as a combination of the envelope of arcs and the replica line.

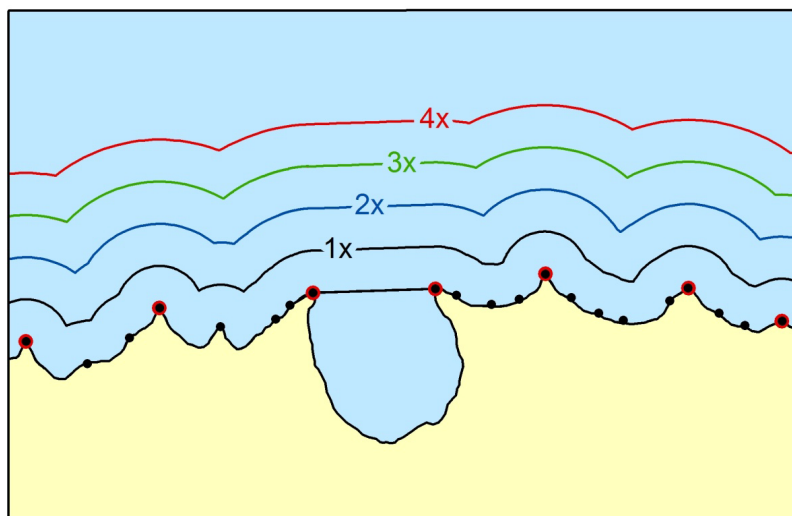


FIGURE 16. The farther the outer limit from the baseline, the lesser sinuosity of the baseline is reflected and lesser the number of the critical points.

Bilateral Limits

With respect the delimitation of bilateral limits, “neither of the two States is entitled, failing agreement between them to the contrary, to extend its territorial sea beyond the median line, every point of which is equidistant from the nearest points on the baselines, from which the breadth of the territorial seas of each of the two States is measured” ⁽²⁴⁾. The above provision does not apply where necessary by reason of historical title or other special circumstances. The

median line is the method that must be applied between overlapping territorial seas. The construction of a limit under the median line principle is geometrically objective and results in a unique, unambiguous line. In 1958 Convention, it was clearly stated that the equidistance method had to be followed in the absence of an agreement between the coastal States with regards to their TS, CZ and CS ⁽²⁵⁾. At the 1982 conference the equidistance principle was opposed so strongly that made the French author Prosper Weil describe it as a “holy war against equidistance” ⁽²⁶⁾. Eventually, the opponents of equidistance managed to diminish its role in favor of the equity principle with regards to the delimitation of the EEZ and CS; “the delimitation of the EEZ and CS [...] shall be effected by agreement [...] in order to achieve an equitable solution” ⁽²⁷⁾. Nevertheless, practice on precedent EEZ and CS delimitation cases has shown that often both courts and governments resort to the equidistance line as their starting point, adjusted in the existence of special circumstances that justify departure from the equidistance in order to achieve an equitable result. That was expressly stated by ICJ in its judgment for the Qatar – Bahrain case: “for the delimitation of maritime zones beyond the 12 mile zone, they would first provisionally draw an equidistance line and then consider whether there were circumstances which must lead to an adjustment of that line.” ⁽²⁸⁾.

In the above paragraphs both “median line” and “equidistance line” terms are used and the reason is that academia and literature never abandoned the rational distinction between the two. That distinction was present in the 1958 Convention but absent in the 1982 Convention. Median line (present in the 1982 convention) is defined as the line every point of which is at an equal distance from the nearest points on two opposite baselines, while equidistant line (absent in the convention of 1982) is defined as that at equal distance from two adjacent baselines. Technically speaking, the distinction between the two definitions seems geometrically correct since a median line presupposes that it lies in the middle of the other two geometric features while the equidistance line is apparently not in the middle and is therefore not a median ⁽²⁹⁾.

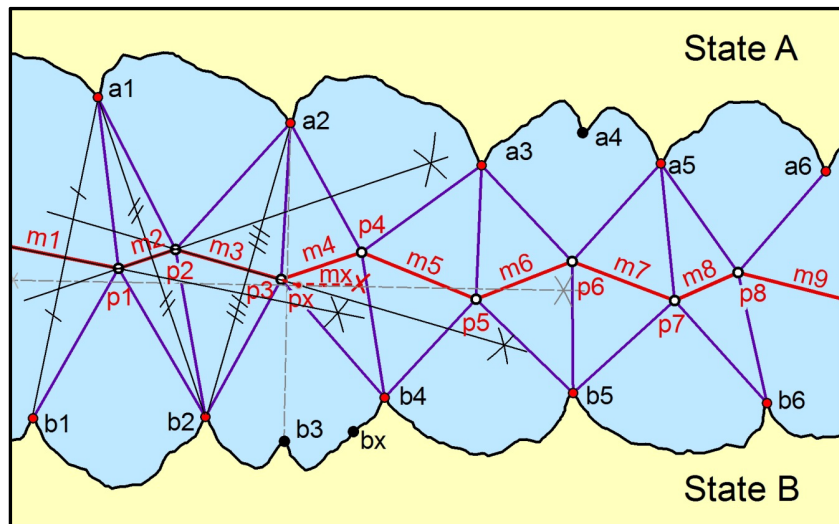


FIGURE 17. The construction of median line

For the graphical construction of the median line, the points where the median line changes direction (hereinafter: turning points) must be established. We can discriminate between two geographic situations, viz the distance between the two states' baselines does or does not exceed twice the breadth of the TS at some area. When it does, the starting turning point is established as the point of intersection between the TSs of States A and B. Otherwise, the following direct procedure for the graphical solution of the three point problem is suggested (see

Figure 17): Locate a prominent headland on the baseline of State A (a1 in Figure 17) and next locate the potential nearest point on State B's baseline (b1). Center the dividers on b1, draw a circle with radius equal to the a1b1 distance and verify that the original point on State A is the nearest to it. If that is the case then repeat the procedure from point a1 in order to verify that b1 is the nearest to a1. If not, the procedure must be repeated until two other points are found.

Once the critical points a1 and b1 have been established, draw the perpendicular passing through the midpoint of a1b1 line (that is m1 in Figure 17). Line m1 defines the direction of the median line and remains constant until a point (p1) equidistant to a1, b1 and to a third point on either baseline is reached. Let this point be b2 on State B's baseline which is found by the trial and error method. A perpendicular (m2) is then drawn at the mid-point of line a1b2, which must pass through p1. Likewise, the next point p2 on median line, equidistant to a1, b2 and the nearest point on either coast, let this point be a2 on baseline A, should be established. Draw again the perpendicular bisector m3 and continue this process until the median line is fully delimited and reach the ending point of the median line, which should be the point of intersection of two unilateral maritime zones. The median line is generated as the contiguous series of line segments m1, m2, m3 and so on. Similar to the construction of the median line is that of the equidistant line between two adjacent States. In such geographic situation, the terminal point is the land boundary of the two States.

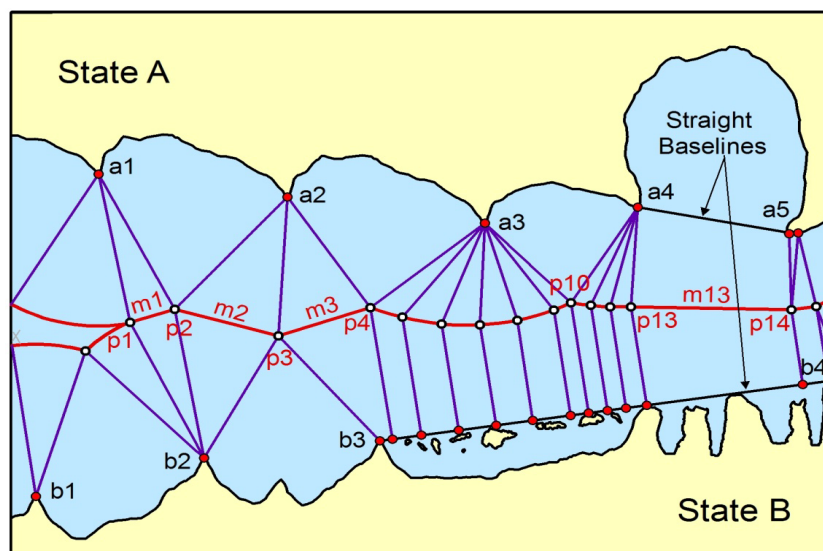


FIGURE 18. Three situations can be observed when constructing a median line:
Between two points, between point and line and between two lines

In localities where the critical points on baseline can easily be discerned, the median line can be constructed using an alternative, to the method previously discussed, approach. Particularly, draw the perpendicular bisectors to the lines connecting the salient headlands a1, b1 and b2 which constitute potential critical points on baseline; those are m1 for a1b1 and m2 for a1b2 lines. Before proceeding to the next line segment construction, verify whether the point of intersection between m1 and m2 (that is p1) is an actual turning point of the median line, meaning whether it is equidistant to points a1, b1 and b2 on coast and that the circle having radius equal to the distance to any of these three points, does not intersect the coast elsewhere. If both tests are satisfied, p1 is indeed a turning point and we may proceed to the construction of the next line segment. Next prominent headland is a2 on coast A. Draw the midpoint perpendicular to line a2b2 (m3) and, likewise, can be easily verified that p2 is a turning point. The next prominent headland and potential critical point is basepoint b3 on coast B. Draw mx which

intersects m3 at px (Figure 17). Though, after examining the two tests, px is not equidistant to a2, b2 and b3 and the circle drawn intersects coast B at bx, hence both px and mx are disregarded. Next is the headland b4 which can be easily proven to be a contributing basepoint (critical point), m4 a line segment of the median line and p3 an actual turning point. The procedure is repeated until median line is fully constructed.

When constructing a segment of the median line three situations may be observed as they are depicted in Figure 18. First, between two points on the two opposite (or adjacent) baselines which yield a straight line, i.e. segment m1 constructed by critical points a1 and b2 and segment m2 constructed by critical points a2 and b2. Second, between two lines, which yield a straight line (that is m13 in Figure 18). Third, between a basepoint and a line which yield a parabola². In example, segments m4 to m9 among turning points p4 and p10, constructed by critical point a3 and the opposite straight baseline. When dealing with the third situation, it is important to densify the vertices from which distances are measured by dividing the straight line into shorter line segments. Otherwise, if only the start and end points are considered, instead of a parabola, a straight line will be yield.

The previous constitute the methodology for constructing a “*strict equidistance line*” where every point on coast is taken into account. Such a line is unambiguous and unique but is usually also complex and impractical since it comprises of numerous turning points and short-line segments. Instead, once the strict equidistant line has been constructed, the number of critical points and straight median line segments can be reduced for the construction of a *simplified equidistance line*. Simplified equidistance line has the advantage of being simpler while it keeps roughly the same distribution of net sea area between the two States⁽³⁰⁾ (see Figure19).

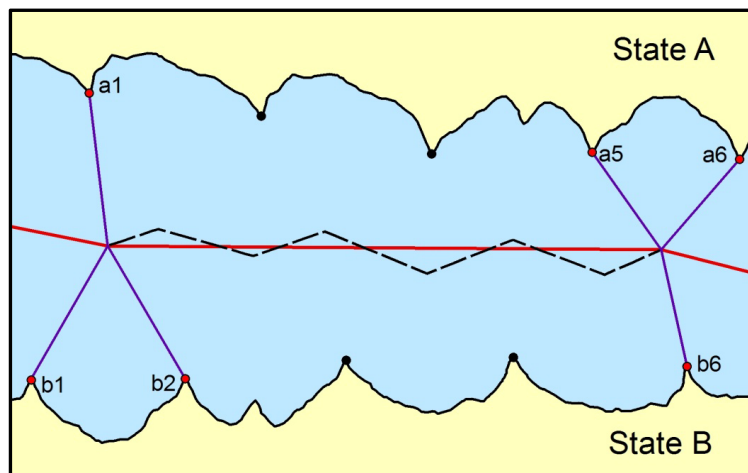


FIGURE 19. Strict and simplified equidistant lines

Another application of the equidistant method is the *modified or adjusted equidistant line* usually used for the achievement of an equitable solution under the provisions of UNCLOS for EEZ and CS. How an equitable solution is achieved varies depending upon the type of the features but they often result in increased maritime space for one State at the expense of the

² The described methodology has its theoretical roots in the Voronoi Diagrams, or Tessellation, named after the Russian mathematician Georgy Feodosevich Voronoy. Each of the constructed median line segments is a “Voronoi Edge”, the bisector part on the boundary between two adjacent Voronoi polygons, while critical points and straight baselines represent the n-generators for which the plane is partitioned according to the nearest neighbor rule (Gold C.M., Remmele P.R. and Ross Th. 1997. “Voronoi Methods in GIS”. In Algorithmic Foundations of Geographic Information Systems (Van Kreveld M., Nievergelt J., Roos Th. and Widmayer P. eds.), Berlin: Springer, pp. 21-35).

other. It usually refers to islands distant from any other geographic feature of the coastal state and which are considered to create a disproportionate effect on the delimitation process. Previous delimitation cases clarify State and judicial practices on this matter, which have shown a tendency to shift from an older practice to a newer one ⁽³¹⁾.

In detail, an older practice, mostly encountered in delimitation cases before 1979, was that of giving only a limited effect to the islands or even fully enclaving them in the other state's CS. *Enclaving* occurs when no effect is given to the island with respect to the CS. In such cases, the maritime jurisdiction of the island is not denied and a belt of maritime zone, usually equal to the breadth of the territorial sea, is drawn around it. As shown in Figure 20 three geographic situations are observed. First, the island of State B with its potential belt of maritime jurisdiction lays fully within the same State's CS, second the island with its maritime belt is partially connected to State B's CS (partial enclave) and third, the island is completely isolated from State B and lays fully within State B's CS (fully enclaved).

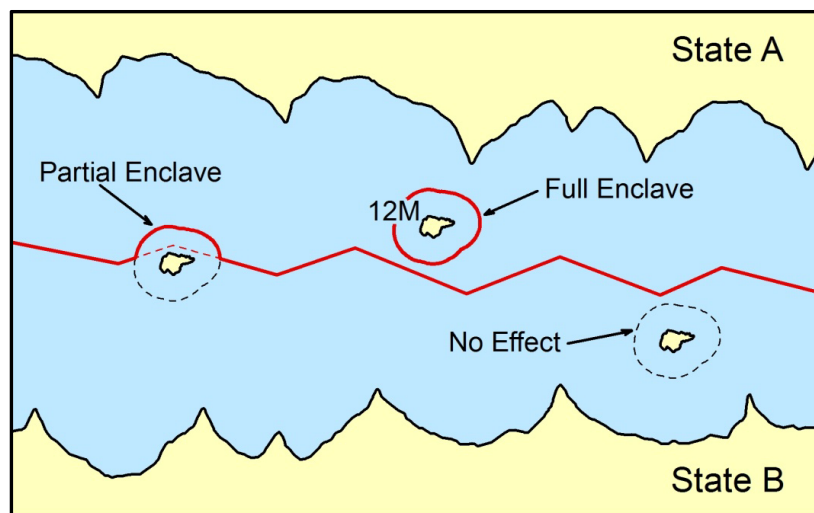


FIGURE 20. Fully and partially enclaved features of State B.

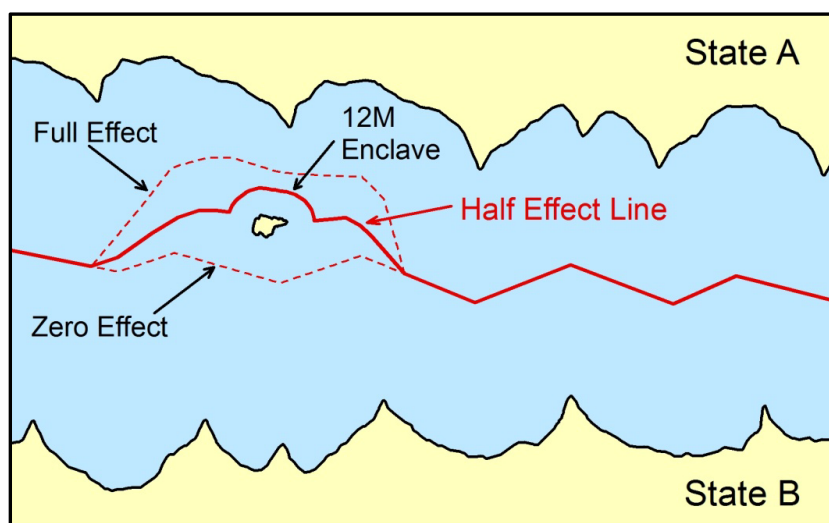


FIGURE 21. Half effect and modified median line.

In cases after 1992, judicial and States' practice is that of assigning islands with extended rights regardless of their distance from the state's mainland and even if they lay in close proximity to the other state's large mainland. The most common method for the creation of a modified equidistant line is that of assigning a partial effect to the islands or other particular features. Although any ratio is possible, the practice is that of giving half-effect to the feature in question. For the graphical construction of the half effect line, draw the full effect line with the feature in question having full effect to the delimitation and the line of no effect with the feature being totally disregarded. The half-effect line lays half way between the two (see Figure 21).

Among the methods that have been used are those of the *perpendicular to the coast lines*, the *meridians and parallels*, the *coastal length comparison*, and the *General Direction*. Though, these methods are either applicable at certain local geography or they are used as a test of equitability once the delimitation has been completed⁽³²⁾.

CONCLUSIONS

The current work reviewed the established methods for the construction of the outer maritime limits to their full extent and the predominant methods for bilateral limits. With respect to the latter, literally countless methods can be employed as long as the coastal states come to an agreement. Therefore, it was impossible for the current study to consider and present every possible delimitation methodology but instead it cast light on the method proven to be the most significant; that is the equidistance line and its variations.

Delimitation methods remain the same regardless if they are employed directly on charts for the graphical construction of outer limits or indirectly with the development of GIS applications that make the calculations automatically. Hence, a good knowledge and understanding of these methods by technical experts is apparently necessary and they should not regret they are accountable for providing political authorities with the most accurate information before they enter into negotiations and discussions with neighboring states. Additionally, two of the most important factors, that cartographers should not underestimate and which govern the accuracy of the exported results, are the precision and generalization to which the baseline has been constructed, although they were not covered by the current study and, instead, taken for granted.

Finally, from this point onwards, an extensive study, with the purpose of verifying whether they have been applied and at what extent in the precedent delimitation cases, must be conducted with respect to the proposed methods for the establishment of the natural entrance points and the construction of straight baselines as recorded in this paper.

REFERENCES

1. Shalowitz, A.L. *Shore and Sea Boundaries, Vol. 1*, Washington DC: U.S. Dept. of Commerce Publication 10-1, U.S. Govt. Printing Office, 1962, p.213.
2. International Court of Justice, Fisheries (United Kingdom/Norway), Judgment, The Hague: ICJ, 1951.
3. United Nations. *United Nations Convention on the Law of the Sea*, New York: United Nations, 1982 article 7 par. 6.
4. Beazley, P.B. *Territorial sea baselines*, International Hydrographic Review, Monaco, 1971, 48: 143-154.
5. United Nations. *United Nations Convention on the Law of the Sea*, New York: United Nations, 1982 article 8.

6. United Nations. *United Nations Convention on the Law of the Sea*, New York: United Nations, 1982 article 2.
7. United Nations. *United Nations Convention on the Law of the Sea*, New York: United Nations, 1982 article 19.
8. United Nations. *United Nations Convention on the Law of the Sea*, New York: United Nations, 1982 article 33.
9. United Nations. *United Nations Convention on the Law of the Sea*, New York: United Nations, 1982 article 87.
10. United Nations. *United Nations Convention on the Law of the Sea*, New York: United Nations, 1982 article 77.
11. Schofield, C. and Arsana, I. for International Hydrographic Organization, *A Manual On Technical Aspects Of The United Nations Convention On The Law Of The Sea – 1982 (TALOS)*, IHO Publication C-51, Monaco, 2014, Chapter 5-3.
12. Schofield, C. and Arsana, I. for International Hydrographic Organization, *A Manual On Technical Aspects Of The United Nations Convention On The Law Of The Sea – 1982 (TALOS)*, IHO Publication C-51, Monaco, 2014, Chapter 5-18.
13. United Nations. *United Nations Convention on the Law of the Sea*, New York: United Nations, 1982 article 10.
14. United Nations. *United Nations Convention on the Law of the Sea*, New York: United Nations, 1982 article 10 par. 3.
15. Boggs S.W., *Delimitation of the Territorial Sea*, 24 American Journal of International Law 551, 1930.
16. United Nations. *Baselines:An examination of the Relevant Provisions of the United Nations Convention of The Law of the Sea*, New York: United Nations, 1989, p.31.
17. Reed, W.M., *Shore and Sea Boundaries*, Vol. 3, Washington: U.S. Dept. of Commerce, U.S. Govt. Printing Office, 2000, p.258.
18. Reed, W.M., *Shore and Sea Boundaries*, Vol. 3, Washington: U.S. Dept. of Commerce, U.S. Govt. Printing Office, Washington, 2000, at p. 261.
19. CARIS S.A., CARIS LOTS Software. Retrieved September 5, 2014, from <http://www.caris.com/downloads/brochures/lots-en.pdf>
20. United Nations, *Scientific and Technical Guidelines of the Commission on the Limits of the Continental Shelf*, New York, 1999.
21. United Nations. *United Nations Convention on the Law of the Sea*, New York: United Nations, 1982 article 4.
22. International Hydrographic Organization, *A Manual On Technical Aspects Of The United Nations Convention On The Law Of The Sea – 1982 (TALOS)*, IHO Publication C-51, Monaco, 2014.
23. Shalowitz, A.L., *Shore and Sea Boundaries*, Vol. 1 , Washington: U.S. Dept. of Commerce, Publication 10-1, U.S. Govt. Printing Office, 1962, p.170.
24. United Nations. *United Nations Convention on the Law of the Sea*, New York: United Nations, 1982 article 15.
25. United Nations, *Convention on the Territorial Sea and Contiguous Zone*, Geneva, 1958, Article 12 and United Nations, *Convention on the Continental Shelf*, Geneva, 1958, Article 6.
26. Weil, P., *The law of maritime delimitation: reflections*. Grotius, Cambridge, 1989.
27. United Nations. *United Nations Convention on the Law of the Sea*, New York: United Nations, 1982 article 74.
28. International Court of Justice, *Maritime Delimitation and Territorial Questions between Qatar and Bahrain, Judgment*, The Hague: ICJ, 2001.
29. Shalowitz, A.L., *Shore and Sea Boundaries*, Vol. 1, Washington: U.S. Dept. of Commerce, Publication 10-1, U.S. Govt. Printing Office, 1962, p.231.

30. United Nations, *Handbook on the Delimitation of Maritime Boundaries*. Division for Ocean Affairs and the Law of the Sea Office of Legal Affairs, New York, 2000, p. 49.
31. Fotiou, P., "International Law of the Sea – Notes", Athens, 2003, p.38.
32. International Hydrographic Organization. A Manual On Technical Aspects Of The United Nations Convention On The Law Of The Sea – 1982 (TALOS), IHO Publication C-51, Monaco, 2014, C. 6-11.

Μελέτη Δομής και Εποχιακών Διακυμάνσεων της Επιφανειακής Κυκλοφορίας Θαλασσίων Υδάτων Β. Αιγαίου για Οριοθέτηση Περιοχών Έρευνας-Διάσωσης

Χρήστος Λέλης, Πλωτάρχης Π.Ν. Μ.Σc./Οc

Σχολή Ναυτικών Δοκίμων, Εργαστήριο Ναυτιλίας και Θαλασσίων Επιστημών

Περίληψη. Στο άρθρο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μελέτης των δομών της επιφανειακής κυκλοφορίας της θάλασσας και των εποχιακών διακυμάνσεών τους, για την οριοθέτηση περιοχών έρευνας συναρτήσει της εκτιμηθείσας θέσης ενός ναυαγού. Η ερευνητική αυτή εργασία βασίστηκε στην κατασκευή μοντέλου έρευνας – διάσωσης για την επίδραση των ταχυτήτων του επιφανειακού στρώματος, το οποίο συζεύχθηκε με σύστημα πρόγνωσης της θαλάσσιας κυκλοφορίας της λεκάνης του Βορείου Αιγαίου στο ανώτερο επιφανειακό στρώμα, στο οποίο αντιστοιχεί περίπτωση ανθρώπου στη θάλασσα. Στο μοντέλο εξετάζεται επίσης και το φαινόμενο της υποθερμίας και προσδιορίζεται το χρονικό διάστημα στο οποίο υφίσταται δυνατότητα διάσωσης του ατόμου με υπολογισμό του δυνατού χρόνου επιβίωσης λόγω θερμοκρασίας σώματος, στο νερό. Τα αποτελέσματα εμφανίζουν έντονες χωρικές και χρονικές διακυμάνσεις, που σχετίζονται με τις διακυμάνσεις των σχηματισμών κυκλοφορίας του Β.Αιγαίου, των ανταλλαγών με τη Μαύρη Θάλασσα και τον έντονο εποχικό κύκλο που παρατηρείται στην περιοχή.

Λέξεις – κλειδιά: Έρευνα – Διάσωση, παρασυρόμενη κίνηση, αριθμητικό μοντέλο, Βόρειο Αιγαίο, επιφανειακή κυκλοφορία.

Study of Structure and Seasonal Fluctuations of North Aegean's Sea Surface Circulation for the Delimitation of Search and Rescue Areas

Christos Lelis, Lt. Cdr. HN. M.Sc./Oc

Hellenic Naval Academy, Sea Sciences and Navigation Laboratory

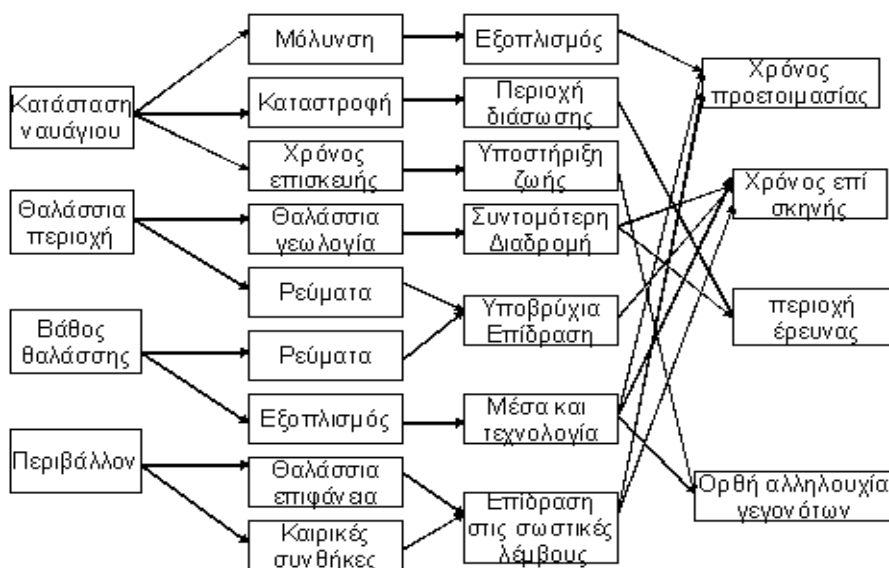
Abstract. This article discusses the study results of sea surface circulation structures and their seasonal fluctuations, for the delimitation of search areas associated with the estimated position of a castaway. This project was based on the development of a "Search and Rescue" model about the effect of surface layer velocities, connected with a forecasting system of the Northern Aegean marine circulation in the superior surface layer, to which the case of person in the water (PIW) corresponds. The phenomenon of hypothermia is also examined in the model; furthermore, the time interval in which there are possibilities of rescue of an individual is determined by calculating the possible survival time in water, due to body temperature. The results present intense territorial and time fluctuations, related to the fluctuations of North Aegean circulation shapes, the water exchanges with the Black Sea and the intense seasonal circle observed in the region.

Keywords: Search & Rescue, drift on sea surface, numerical model, North Aegean, sea surface circulation.

PACS: 92.10ab, 92.05.Bc, 92.05Fg.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η θαλάσσια έρευνα και διάσωση (Maritime Search and Rescue) αποτελεί μια περίπλοκη διεργασία η οποία, λόγω του χρονικού περιορισμού και της άμεσης εξάρτησής της από περιβαλλοντικούς παράγοντες, συνδυάζει τόσο το γνωστικό αντικείμενο διαφόρων θετικών επιστημών (π.χ Ωκεανογραφία, Μετεωρολογία), όσο και την τεχνολογία άλλων (Επιστήμη των Υπολογιστών, Επιχειρησιακή Έρευνα, Ιατρική), εκμεταλλευόμενη ταυτόχρονα επιχειρησιακά στοιχεία διαφόρων αρχών (Ακτοφυλακή, Πολεμικό Ναυτικό, Πολεμική Αεροπορία) (Σχήμα 1).



ΣΧΗΜΑ 1. Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη στην Έρευνα – Διάσωση (Διασκευή, από L.Yan et al, 2009)

Στη βασική της μορφή, η θαλάσσια έρευνα –διάσωση συνίσταται σε τέσσερα κύρια στάδια, τα οποία αποτελούν τους θεμέλιους λίθους και καθορίζουν την επιτυχία ή μη μιας αποστολής. Τα στάδια αυτά περιλαμβάνονται στο γενικότερο σχεδιασμό Έρευνας – Διάσωσης (Search and Rescue Planning) και είναι τα εξής (National SAR Manual Vol I, 1991):

- Καθορισμός αρχικής θέσης κινδυνεύοντος (Datum)
- Καθορισμός περιοχής ερεύνης (Search Area).
- Καθορισμός μέσων που διατίθενται για την εκτέλεση τέτοιου είδους επιχειρήσεων.
- Καθορισμός τρόπου ερεύνης προκειμένου να επιτευχθεί όσο το δυνατόν συντομότερα το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Τα πρώτο στάδιο είναι αντικείμενο μελέτης όσον αφορά στην ανάπτυξη συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης (early warning). Το δεύτερο στάδιο, που αποτελεί αντικείμενο του συγκεκριμένου άρθρου, αναφέρεται στην εκμετάλλευση περιβαλλοντολογικών δεδομένων και θεωρίας περί παρασυρόμενης κινήσεως (drift) στη θάλασσα. Τα δύο τελευταία στάδια αποτελούν αντικείμενα μελέτης της στατιστικής ανάλυσης και της επιχειρησιακής έρευνας.

Σκοπός του άρθρου είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προέρχονται από τη μελέτη μεγεθών που επηρεάζουν ουσιαστικά τον καθορισμό μιας περιοχής ερεύνης, στο πλαίσιο μιας επιχείρησης έρευνας – διάσωσης, συναρτήσει της δυναμικής και των φυσικών διεργασιών που χαρακτηρίζουν τη λεκάνη του Βορείου Αιγαίου. Για το λόγο αυτό, το άρθρο διακρίνεται στις παρακάτω ενότητες:

- α. Ενότητα 1, όπου γίνεται μια θεωρητική ανασκόπηση του καθορισμού περιοχής ερεύνης στα πλαίσια Έρευνας – Διάσωσης στη θάλασσα.
- β. Ενότητα 2, όπου γίνεται μια σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση της λεκάνης του Βορείου Αιγαίου.
- γ. Ενότητα 3, όπου αναφέρονται η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε και το μοντέλο που αναπτύχθηκε προκειμένου να εκτελεστούν οι εκάστοτε μετρήσεις.
- δ. Ενότητα 4, όπου αναλύονται τα αποτελέσματα εφαρμογής του μοντέλου και τα ειδικά συμπεράσματα που εξάγονται.
- ε. Ενότητα 5, όπου εκτελείται μια σύνοψη των συμπερασμάτων βάσει των οποίων υφίστανται συγκεκριμένες προτάσεις.

I. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ – ΔΙΑΣΩΣΗΣ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ

1.1 Εκτίμηση Παρασυρόμενης Κινήσεως (Drift) και Περιοχής Ερεύνης

Ένα θεμελιώδες πρόβλημα που απαντάται στη θαλάσσια έρευνα και διάσωση είναι η ταχύ-τατη ανάπτυξη των διαστάσεων της περιοχής ερεύνης, δηλαδή της περιοχής όπου εκτιμάται ότι θα ευρίσκεται το αντικείμενο (ανθρώπινο σώμα, σωστική λέμβος κα) που αναζητείται. Στην πραγματικότητα, οι διαστάσεις μιας περιοχής έρευνας τείνουν σε αύξηση με σχέση δευτέρου βαθμού σε συνάρτηση με το χρόνο (Breivik O., 2005; Risley et al, 1998). Η καλή γνώση των μετεωρολογικών και ωκεανογραφικών συνθηκών της περιοχής δύναται να μειώσει την αύξηση της περιοχής ερεύνης και την αβεβαιότητα στο καθορισμό της τακτικής που θα ακολουθηθεί. Έτσι, από τη στιγμή όπου η τελευταία γνωστή θέση του επιπλέοντος αντικειμένου μπορεί να εξακριβωθεί, η περιοχή ερεύνης μεταβάλλεται τόσο σε μέγεθος όσο και σε θέση με τρόπο που συσχετίζεται άμεσα με τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες και την ακρίβεια που αυτές οι συνθήκες μπορούν να εκτιμηθούν. Συχνά, ευμετάβλητοι τοπικοί άνεμοι και ασταθή θαλάσσια ρεύματα έχουν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη της χωρικής διάστασης της περιοχής ερεύνης σε τέτοιο βαθμό ώστε τα υπάρχοντα μέσα δεν δύνανται να την καλύψουν δίχως να αφήσουν ενδιάμεσα κενά. Γίνεται λοιπόν εύκολα κατανοητό ότι οι περιβαλλοντολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν τις διαστάσεις μιας περιοχής ερεύνης και τελικά την οριοθετούν, είναι οι συντελεστές που έχουν άμεση σχέση με την παρασυρόμενη κίνηση (drift) αντικειμένου στην επιφάνεια της θάλασσας.

Η παρασυρόμενη αυτή κίνηση είναι το καθαρό αποτέλεσμα μιας σειράς δυνάμεων που ενεργούν πάνω στη θαλάσσια επιφάνεια (θαλάσσια ρεύματα (water currents), άνεμος (atmospheric wind), κίνηση των κυμάτων (wave motion), κυματογενή ρεύματα (wave induced currents)) καθώς και στη μάζα του επιπλέοντος αντικειμένου (δύναμη της βαρύτητας (gravitational force) και άνωση (buoyancy force)). Συνεπώς είναι πολύ πιθανό να υπολογιστεί η «τροχιά» του αντικειμένου λαμβάνοντας πληροφορίες για τον τοπικό άνεμο, τα ρεύματα επιφανείας το σχήμα και την πλευστότητα του αντικειμένου (Hackett et al, 2006). Προκειμένου λοιπόν να προσδιοριστεί η εν λόγω παρασυρόμενη κίνηση, τίθενται ζητήματα προσδιορισμού πλήθους αβεβαιοτήτων, κυρίως στην περιοχή που περικλείει τις πιθανές τροχιές του αντικειμένου και αποτελεί την υπό εκτίμηση περιοχή ερεύνης. Άλλο ένα, τελείως τυχαίο θέμα, αποτελεί ο προσανατολισμός του αντικειμένου ως προς την διεύθυνση του ανέμου που επικρατεί, τη δεδομένη χρονική στιγμή (Hackett et al, 2006; Carniel et al, 2002, Allen, 2005). Επιπρο-

σθέτως, είναι σύνηθες το φαινόμενο να μην υφίστανται ακριβείς πληροφορίες για το ίδιο, το προς έρευνα, αντικείμενο, όπως επίσης και για τη θέση του σε μια δεδομένη χρονική στιγμή.

Τα διάφορα μοντέλα υπολογισμού της παρασυρόμενης κινήσεως βασίζονται πάνω σε εμπειρικές παραμετροποιήσεις που έχουν προέλθει από ένα μεγάλο αριθμό πειραμάτων, παρατηρήσεων πεδίου, εμπειρικά διαμορφωμένων τύπων και ατελών προσεγγίσεων των νόμων της υδροδυναμικής. Η εκάστοτε προσέγγιση εκτελείται με τη βοήθεια της θεωρίας των πιθανοτήτων. Αντιστοιχώντας τιμές πιθανοτήτων στις σχετικές παραμέτρους, αναπτύσσεται ένα σύμπλεγμα αριθμητικών σχέσεων. Όταν δημιουργούνται «διαταραχές» στις παραμέτρους, οι σχέσεις αποδίδουν αποτελέσματα στο πλαίσιο μιας στοχαστικής μεθόδου. Έτσι, η εκάστοτε «διαταραχή» υπαγορεύεται και τελικά αντικαθίσταται από την ορθή κατανομή πιθανοτήτων. Με τον τρόπο αυτό, δημιουργείται ένα πλήθος από «υποψήφιος» θέσεις του αντικειμένου κατά τη διάρκεια της παρασυρόμενης κινήσεώς του. Το πλήθος των υποψηφίων θέσεων αποτελεί μια μέτρηση της πιο πιθανής περιοχής όπου δύναται να εντοπιστεί το προς έρευνα αντικείμενο (Hacket et al, 2006; Press et al, 1993; Richardson, 1986).

1.2 Η Τελευταία Γνωστή Θέση του Αντικειμένου που Ερευνάται

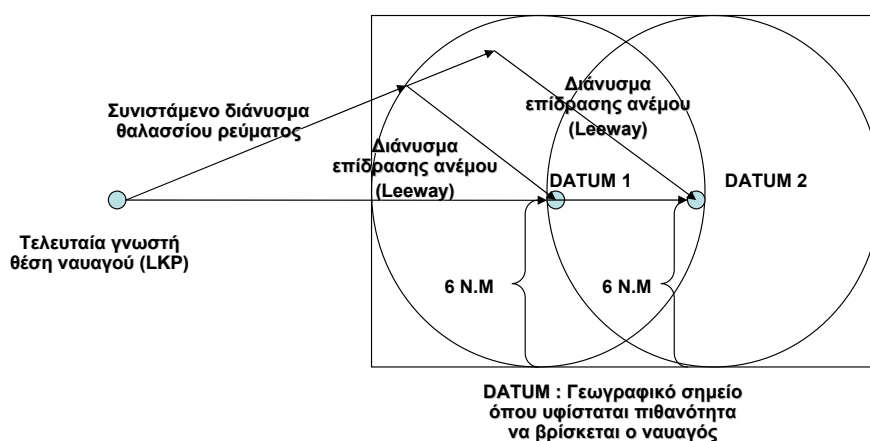
Ο πρώτος στόχος μιας επιχείρησης έρευνας – διάσωσης είναι να προσδιοριστεί η τελευταία γνωστή θέση του, προς έρευνα, αντικειμένου (Last Known Position –LKP). Ο προσδιορισμός αυτός αποτελεί πολύ κρίσιμο βήμα αφού η ακρίβεια της πληροφορίας κρίνει κατά μεγάλο βαθμό και το ποσοστό επιτυχίας της επιχείρησης.

Μια τιμή αβεβαιότητας αντιστοιχεί στο LKP, τόσο για το χώρο όσο και για το χρόνο. Αν το LKP δύναται να είναι με κάποια σχετική ακρίβεια γνωστό (π.χ αν υπήρξε άμεσο σήμα κινδύνου ή άμεση μαρτυρία ή και ακόμα γνωστή διαδρομή), τότε μια μικρής διάστασης ακτίνα κύκλου γύρω από το DATUM³ μπορεί να προσδιορίσει το χώρο όπου πρέπει να εκτελεστεί η έρευνα για τον αντίστοιχο χρόνο. Αντίθετα, στη χειρότερη περίπτωση, όπου οι πληροφορίες για το χρόνο και τη θέση είναι λίγες ή ανακριβείς, τότε η ακτίνα γύρω από το DATUM μεγαλώνει συναρτήσει και του χρόνου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πλήθους πιθανών αρχικών θέσεων πάνω σε ένα μεγάλο τμήμα της θαλάσσιας επιφάνειας, οι οποίες θα αντιστοιχούν σε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Έτσι το προς έρευνα αντικείμενο θα παρουσιάσει διαφορετικές τροχιές λόγω της επίδρασης των περιβαλλοντολογικών συνθηκών (θαλάσσια ρεύματα, άνεμος, συνθήκες κυματισμού) ενώ ταυτόχρονα η θέση DATUM θα αλλάζει στοιχεία και θα διορθώνεται κατόπιν επαναληπτικών υπολογισμών εκτίμησης των περιβαλλοντολογικών στοιχείων (Σχήμα 2). Συνεπώς η επιλογή της αρχικής κατανομής του συνόλου των στοιχείων θα επιδράσει ιδιαίτερα στον καθορισμό των διαστάσεων της περιοχής ερεύνης (Hacket et al, 2006 ; Canadian SAR Manual; U.S SAR Manual; Australian National SAR Manual).

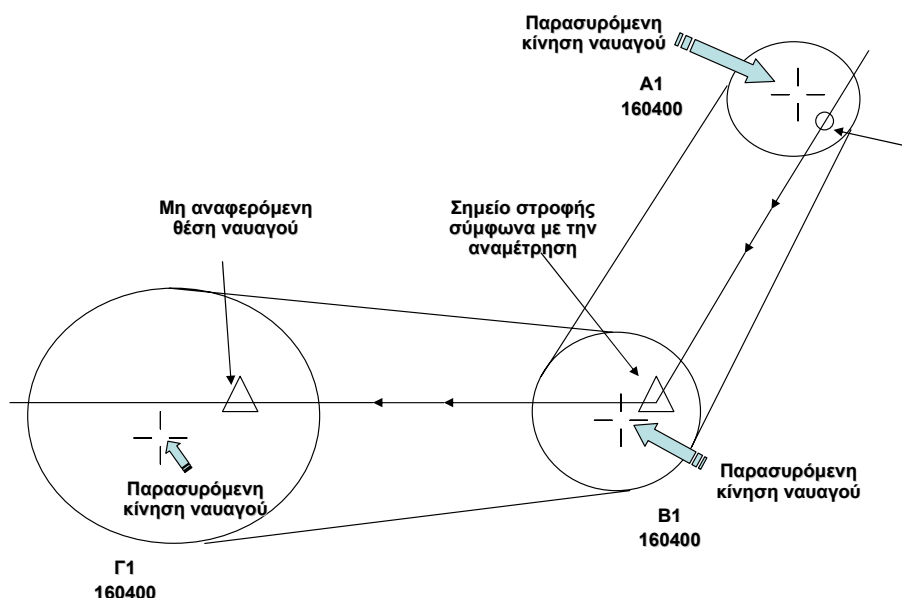
Από τις ακτοφυλακές των ΗΠΑ, Καναδά και Αυστραλίας χρησιμοποιούνται πρακτικές μέθοδοι, τουλάχιστον στην αρχική επίλυση του προβλήματος, προκειμένου να επιτευχθεί η εκτίμηση της περιοχής ερεύνης σε μικρό χρονικό διάστημα. Οι υπολογισμοί εκτελούνται βάσει των διανυσμάτων *leeway*⁴, ανέμου και θαλάσσιου ρεύματος, στοιχεία των οποίων προέρχονται από τα μετεωρολογικά συνοπτικά δελτία και δημιουργείται μια διαδρομή DATUM (DATUM Plot) (Σχήμα 3).

3 DATUM: Αποτελεί ένα γεωγραφικό σημείο, γραμμή ή ακόμα και περιοχή όπου υφίστανται πιθανότητες να είναι το αντικείμενο. Στην αρχική προσέγγιση ταυτίζεται συνήθως με τη τελευταία γνωστή θέση του αντικειμένου (LKP)

4 *Leeway*: Η κίνηση του αντικειμένου στη θάλασσα βάσει της επίδρασης του ανέμου και της εκτεινόμενης σε αυτόν επιφάνειας του αντικειμένου.



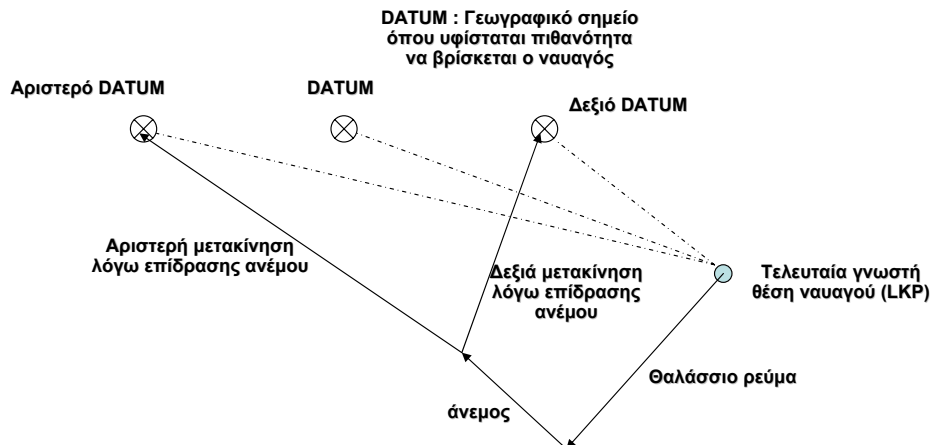
ΣΧΗΜΑ 2. Πιθανές περιοχές Ερεύνης όταν υφίσταται αβεβαιότητα χρόνου
(Διασκευή από Canadian SAR Manual)



ΣΧΗΜΑ 3. Διαδρομή Datum (Datum Plot)
(Διασκευή από U.S SAR Manual)

1.3 Πρακτικές Μέθοδοι

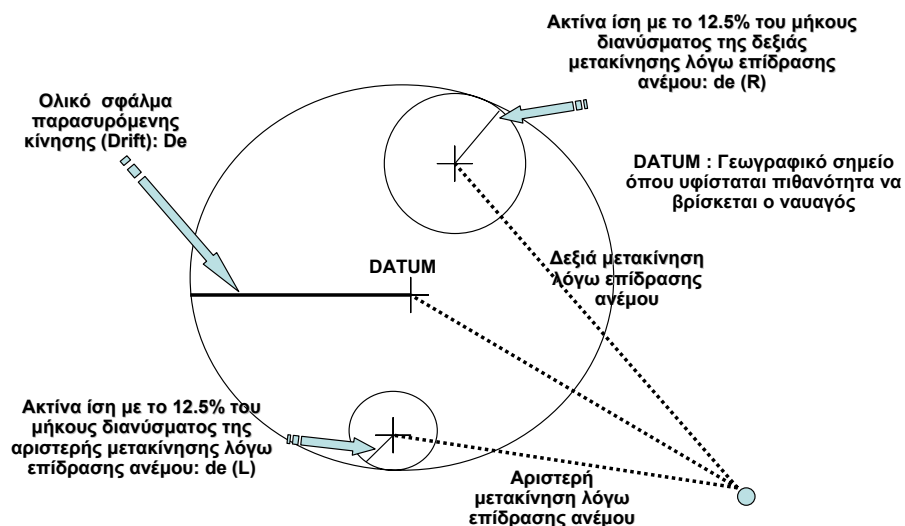
Υφίστανται πίνακες, ανάλογα της επιπλέουσας επιφάνειας του αντικειμένου, όπου γίνεται αντιστοίχιση του διανύσματος leeway (διεύθυνση και μέγεθος) με την διεύθυνση και ένταση του πνέοντος ανέμου. Λόγω των αβεβαιοτήτων που εισέρχονται στην εκτίμηση του leeway, για την γραφική εκτίμηση της διαδρομής Datum λαμβάνονται πάντα υπόψη δύο περιπτώσεις leeway (Αριστερό leeway & Δεξιό leeway). Εφαρμόζοντας το διάνυσμα του θαλάσσιου ρεύματος στη τελευταία γνωστή θέση του αντικειμένου, προσθέτοντας σε αυτό το διάνυσμα του ανέμου και εν συνεχεία το ΔΕ ή AP διάνυσμα leeway προκύπτουν δύο εκτιμώμενα σημεία θέσης. Το μέσον της απόστασης μεταξύ των δύο αυτών σημείων θεωρείται ως το εκτιμηθέν DATUM (Σχήμα 4).



ΣΧΗΜΑ 4. Προσδιορισμός της θέσης Datum
(Διασκευή από Canadian SAR Manual)

Πέριξ της θέσεως DATUM διαγράφεται ένας κύκλος πιθανοτήτων που καλείται ολικό σφάλμα Drift (Drift Error (D_e)). Ο κύκλος αυτός περικλείει δύο έτερους κύκλους με ακτίνα ίση με το 12.5% της απόστασης της τελευταίας γνωστής θέσης του ναυαγού (LKP) από τα πέρατα των αντίστοιχων διανυσμάτων leeway (AP & ΔΕ) και με κέντρα τα συγκεκριμένα σημεία. Το ποσοστό αυτό (12.5%) αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο συντελεστή ασφαλείας (Σχήμα 5). Ο προσδιορισμός της ακτίνας του εν λόγω κύκλου προκύπτει από το άθροισμα των ακτίνων (d_e (L) και d_e (R)) και της απόστασης μεταξύ της τελευταίας γνωστής θέσης του ναυαγού και των περάτων των διανυσμάτων leeway διαιρούμενο με το 2 σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$D_e = \{d_e (L) + d_e (R) + \text{distance LR}\} / 2 \quad (1)$$



ΣΧΗΜΑ 5. Προσδιορισμός του ολικού σφάλματος Drift.
(Διασκευή από Australian National SAR Manual)

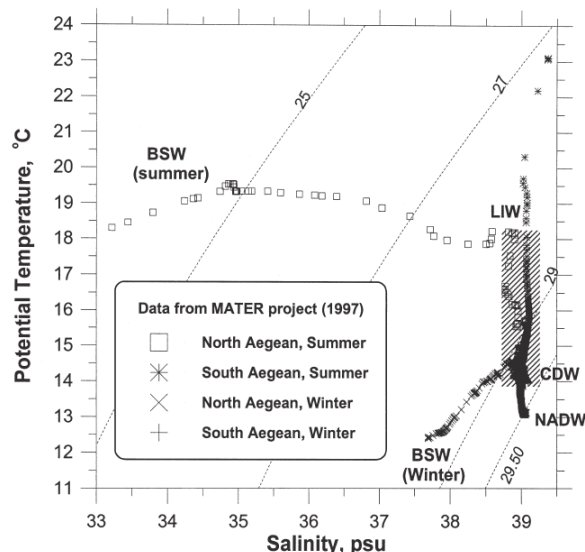
1.4 Επιχειρησιακά Μοντέλα για Έρευνα – Διάσωση στον Θαλάσσιο Χώρο

Για να στεφθεί με επιτυχία μια αποστολή Έρευνας – Διάσωσης, οι αρχές κάθε χώρας αξιοποιούν τα πιο σύγχρονα εργαλεία προκειμένου να καθορίσουν / οριοθετήσουν την περιοχή ερεύνης. Ολοκληρωμένα επιχειρησιακά μοντέλα και προγράμματα όπως τα GDOC (Geographic Display Operations Computer), SARIS (Search and Rescue Information System), SAROPS (Search and Rescue Optimal Planning System), SARPA (Search and Rescue Planning Assistant project), CANSARP (Canadian Search and Rescue Program), CASP (Coast Guard Computer Assisted Search), MOTHY (Modèle Océanique de Transport d' Hydrocarbures) και άλλα, υπολογίζουν την περιοχή ερεύνης λαμβάνοντας υπόψη ανεμολογικό καθεστώς και ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά στην εκάστοτε περιοχή.

II. Η ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ

2.1 Κυκλοφορία θαλασσίων υδάτων στη Λεκάνη του Βορείου Αιγαίου

Η κυκλοφορία των θαλασσίων υδάτων στο Βόρειο Αιγαίο, επηρεάζεται από τη γενικότερη κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου. Όμως η επικοινωνία της θαλάσσιας λεκάνης του Βορείου Αιγαίου με την Θάλασσα του Μαρμαρά και κατ' επέκταση με την Μαύρη Θάλασσα, έχει ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται εντονότερα από τα νερά που εισέρχονται από τα στενά των Δαρδανελίων. Πιο συγκεκριμένα, στο Βόρειο Αιγαίο απαντώνται τέσσερις βασικές αλλά διαφορετικές υδάτινες μάζες. Στην επιφάνεια και σε βάθος που κυμαίνεται μεταξύ 30 και 100 μέτρων απαντώνται τα νερά της Μαύρης Θάλασσας (Black Sea Waters (BSW)), τα οποία μπορούν να διαχωριστούν σε νέα ή παλαιά, ανάλογα με την τροποποίηση που έχουν υποστεί στη λεκάνη του Αιγαίου. Σε βάθη από την επιφάνεια έως τα 400 μέτρα απαντώνται υδάτινες μάζες προερχόμενες από την θάλασσα της Λεβαντίνης που χαρακτηρίζονται επιφανειακές (Levantine Surface Waters (LSW)) ή υποεπιφανειακές (LIW). Τις βαθύτερες περιοχές κατάλαμβάνουν νερά τα οποία έχουν δημιουργηθεί στην περιοχή και είναι ιδιαίτερα πυκνά (DW), με τις υδάτινες μάζες κάθε υπολεκάνης να παρουσιάζουν τα δικά τους χαρακτηριστικά (Zervakis et al, 2000) (Σχήμα 6).



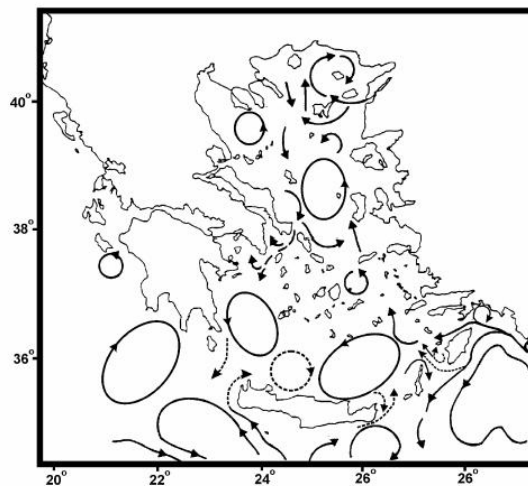
ΣΧΗΜΑ 6. Οι υδάτινες μάζες στην περιοχή του Βορείου Αιγαίου (Zervakis et al, 2002)

2.2 Επιφανειακή Κυκλοφορία θαλασσίων υδάτων του Βορείου Αιγαίου

Η γενική κυκλοφορία στο Αιγαίο, σε επίπεδο λεκάνης, χαρακτηρίζεται ως κυκλωνική⁵. Οι μηχανισμοί που επηρεάζουν την επιφανειακή κυκλοφορία του Βορείου Αιγαίου είναι αφενός μεν το ανεμολογικό καθεστώς και αφετέρου η θερμοαλατική⁶ δράση, λόγω των διαφορετικών υδάτινων μαζών που συναντώνται στη περιοχή και λόγω ατμοσφαιρικής δράσης.

Σε μια προσπάθεια εκτίμησης της επίδρασης έκαστου μηχανισμού στην τελική διαμόρφωση της κυκλοφορίας, οι Sofianos et al, 2005 πραγματοποίησαν πειράματα με την χρήση του αριθμητικού μοντέλου POM (Princeton Ocean Model). Με μόνη την επίδραση του ανέμου, η κυκλοφορία στο Αιγαίο χαρακτηρίζεται από ένα ισχυρό ρεύμα κινούμενο διαγώνια στο Κεντρικό Αιγαίο. Στην περίπτωση αυτή η κυκλοφορία στο Βόρειο Αιγαίο εμφανίζεται αντικυκλωνική, ενώ το ρεύμα κατά μήκος της Νήσου Εύβοιας «εξαφανίζεται». Αντίθετα στη περίπτωση επίδρασης μόνο της θερμοαλατικής δράσης, η κυκλοφορία του Βορείου Αιγαίου είναι κυκλωνική. Παρά το ότι και οι δύο μηχανισμοί (ανεμολογικό καθεστώς, θερμοαλατική δράση) επηρεάζουν το σύστημα, καθοριστικότερο ρόλο για το Βόρειο Αιγαίο παίζει η θερμοαλατική δράση, λόγω των έντονων βαθμίδων πυκνότητας.

Τα ανεμολογικά πεδία, η τοπογραφία και η παρουσία νησιών έχουν ως αποτέλεσμα η μέσης κλίμακας κυκλοφορία να είναι ιδιαίτερα περίπλοκη και να δημιουργούνται σχηματισμοί μεγέθους μερικών ακτίνων Rossby⁷ (0 έως 10km) (Σχήμα 7). Η γνώση περί την χωροχρονική μεταβλητότητα των σχηματισμών αυτών είναι περιορισμένη. Έτσι, υπάρχουν σχηματισμοί που είναι μόνιμοι (αντικυκλώνας της Σαμοθράκης) και άλλοι, οι οποίοι εμφανίζονται μόνο εποχιακά, όπως ο αντικυκλώνας του Άθω (εμφανίζεται τους χειμερινούς μήνες με άγνωστη περίοδο) (Georgoroulos, 2001).



ΣΧΗΜΑ 7. Σημαντικότεροι σχηματισμοί επιφανειακής κυκλοφορίας του Αιγαίου (Lykousis et al, 2002)

Τα νερά της Μαύρης Θάλασσας έχουν σημαντικά μικρότερη πυκνότητα από τα νερά που υπάρχουν στο Αιγαίο. Συνεπώς τα εν λόγω νερά κινούνται επιφανειακά, πάνω από τις υπόλοι-

⁵ Κυκλωνική: Είναι η κλειστή περιστροφική ροή με κατεύθυνση αντίθετη της φοράς των δεικτών του ρολογιού.

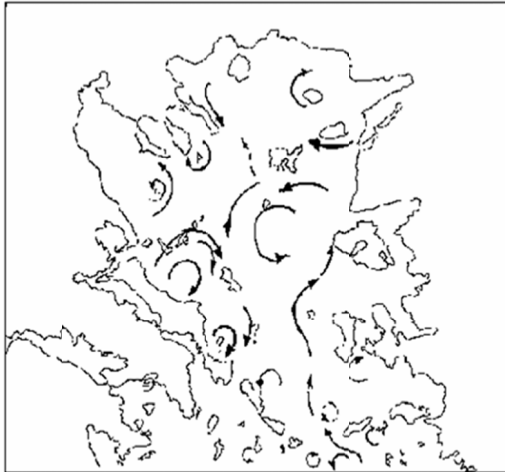
⁶ Θερμοαλατική δράση: Αφορά στη κυκλοφορία των θαλάσσιων υδάτινων μαζών λόγω διαφοράς πυκνότητας (μεταβολή θερμοκρασίας ή μεταβολή αλατότητας).

⁷ Κύματα Rossby: Καλούνται και πλανητικά κύματα. Είναι κύματα μεγάλης κλίμακας τα οποία οφείλονται στη μεταβολή της δυνάμεως Coriolis με το γεωγραφικό πλάτος.

πες υδάτινες μάζες, και με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα πλούμιο⁸ που είναι παρόμοιο με αυτό που παρατηρείται σε περιπτώσεις μεγάλων ποταμών. Η εξάπλωση των υφάλμυρων νερών της Μαύρης Θάλασσας έχει αποτελέσει πεδίο μελέτης διαφόρων ερευνητών (Zodiatis, 1994; Georgopoulos, 2001; Zervakis et al, 2002; Nittis et al, 2002). Έχει παρατηρηθεί ότι η εν λόγω εξάπλωση μεταβάλλεται αναλόγως την εποχή. Στις ψυχρές περιόδους, τα νερά που εισέρχονται είναι υψηλής αλατότητας και μικρής ποσότητας. Η υδάτινη μάζα κινείται δυτικά, κατά μήκος των βορείων ακτών της Λήμνου και έπειτα διακλαδίζεται βόρεια και νότια. (Σχήμα 8).

(α)

(β)



ΣΧΗΜΑ 8. Κύριοι σχηματισμοί επιφανειακής κυκλοφορίας για τις περιόδους (α) Αύγουστος 1987 και (β) Μάρτιος 1987 (Georgopoulos, 2001)

Φλέβες του βορείου κλάδου συχνά παγιδεύονται στον αντικυκλώνα της Σαμοθράκης, ο οποίος περιβάλλει το ομώνυμο νησί, όπου και τροποποιούνται σημαντικά. Αντίθετα κατά τις θερμές περιόδους τα υφάλμυρα νερά κινούνται νότια - νοτιοδυτικά της νήσου Λήμνου. Κατά περιόδους το ρεύμα διακλαδίζεται, με τον ένα κλάδο να ακολουθεί την προηγούμενη πορεία (νότια – νοτιοδυτικά) και τον άλλο κλάδο να κινείται βορειοδυτικά της νήσου Λήμνου. Ύστερα από μια περίπλοκη διαδρομή, τα νερά της Μαύρης Θάλασσας εξέρχονται από το Βόρειο Αιγαίο, μέσω των βορειοδυτικών διόδων του πλατώ των Κυκλάδων (Zodiatis, 1994).

Κατά την έξοδό τους από τα Δαρδανέλια, τα νερά της Μαύρης Θάλασσας συναντώνται επίσης με τα αλμυρά νερά της Λεβαντίνης. Έτσι δημιουργείται, στο νότιο τμήμα του πλουμίου τους, ένα ισχυρό θερμοαλατικό μέτωπο, το οποίο συνήθως εντοπίζεται τους καλοκαιρινούς μήνες στα νότια της νήσου Λήμνου και τους χειμερινούς στα βόρεια. Το μόνιμο αυτό μέτωπο μετακινείται ανάλογα με τους επικρατούντες ανέμους και την παροχή των Δαρδανελίων. Υφίστανται και δευτερεύοντα, μη μόνιμα, μέτωπα, η δημιουργία των οποίων οφείλεται στο ανεμολογικό καθεστώς. Στο μέτωπο δημιουργούνται ιδιαίτερες συνθήκες, λόγω της ασυνέχειας $T - S$ (θερμοκρασίας – αλατότητας), με αποτέλεσμα στα ενδιάμεσα νερά κατά μήκος του μετώπου να παρουσιάζονται αναστροφές και παρεισφρήσεις (Vlasenko et al, 1996).

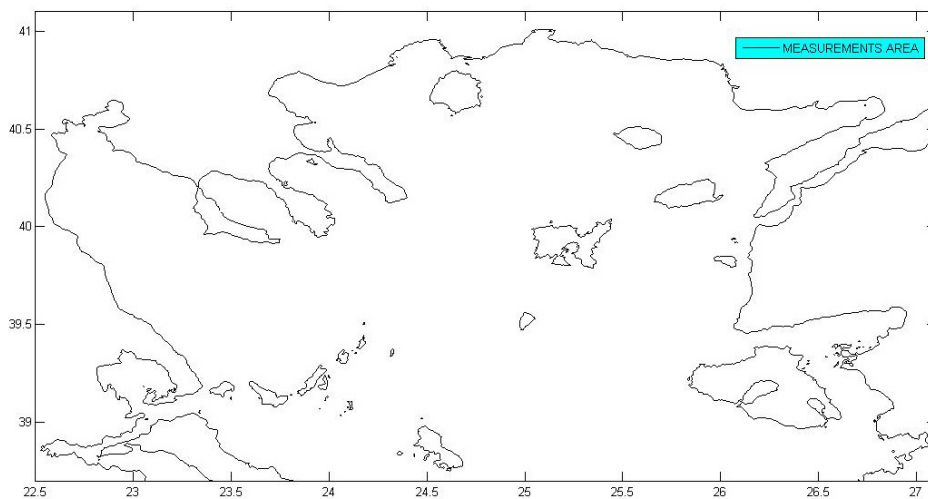
Ένα δεύτερο μέτωπο δημιουργείται μεταξύ των νερών που βρίσκονται στο πλατώ της Σαμοθράκης και των νερών στη λεκάνη των Άθω – Λήμνου. Κάτω από κατάλληλες συνθήκες το μέτωπο «σπάει» και ένας αντικυκλώνας δημιουργείται στην περιοχή του Άθω, μεταφέροντας νερό από το πλατώ προς τα νότια, ενώ νερό μεγαλύτερης αλατότητας κινείται προς τα βόρεια στη περιοχή δυτικά νήσου Λήμνου, δημιουργώντας συχνά ένα μανιταροειδή σχηματισμό (Georgopoulos, 2001).

8 Πλούμιο: Στην υδροδυναμική, πλούμιο καλείται η στήλη ενός ρευστού που κινείται διαμέσου άλλου ρευστού. Στην περίπτωση μας, το πλούμιο σχηματίζεται από νερό διαφορετικής πυκνότητας.

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Περιοχή Εφαρμογής Μοντέλου - Μετρήσεις και Σημεία Υπολογισμών

Οι υπολογισμοί, που εκτελέστηκαν κατά την εφαρμογή του κατασκευασθέντος μοντέλου Έρευνας – Διάσωσης, αφορούν στην εξαγωγή αποτελεσμάτων για την απόσταση που διέσχισε ο παρασυρόμενος ναυαγός καθώς και για τις εκτιμώμενες θέσεις που δύναται να βρίσκεται συναρτήσει του χρονικού διαστήματος που μεσολαβεί από την πτώση του στη θάλασσα (συνεπώς προσδιορίζεται έμμεσα η εκτιμώμενη περιοχή ερεύνης). Η περιοχή που επιλέχθηκε προκειμένου να εκτελεστούν οι εκάστοτε υπολογισμοί είναι η λεκάνη του Βορείου Αιγαίου και συγκεκριμένα η περιοχή που περικλείεται από τις ακόλουθες συντεταγμένες: Γεωγραφικό Πλάτος 38.7° - 41.1° N (Βόρειο) και Γεωγραφικό Μήκος 22.5° – 27.1° E (Ανατολικό). Η εν λόγω περιοχή περιλαμβάνει το τμήμα του Αιγαίου που βρίσκεται βορείως νήσου Χίου. Η εσχάρα έχει διακριθεί σε 190 σημεία (ανά 0.25°) από τα οποία 90 ευρίσκονται εντός θαλασσίου χώρου. Συνεπώς τα σημεία υπολογισμού είναι συνολικά 90 και απέχουν μεταξύ τους κατά 0.25° τόσο κατά τον άξονα των παραλλήλων όσο και κατά τον άξονα των μεσημβρινών. Στο σχήμα 9 απεικονίζεται η υπόψη περιοχή.

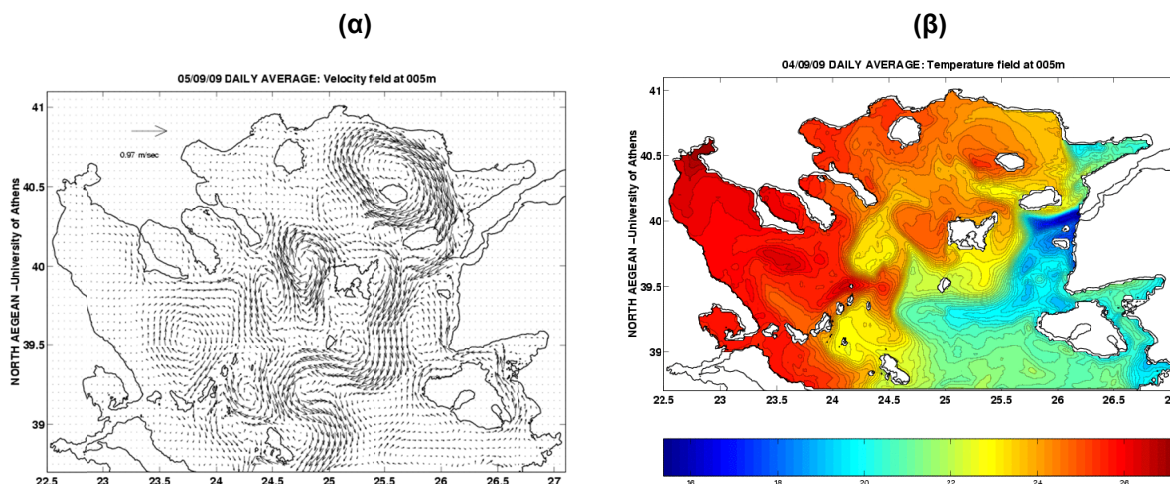


ΣΧΗΜΑ 9. Η περιοχή εφαρμογής του εργαλείου μετρήσεων

3.2 Προέλευση – Χαρακτηριστικά Δεδομένων

Για τη περιοχή του Βορείου Αιγαίου, το εργαστήριο Φυσικής Ωκεανογραφίας του ΕΚΠΑ έχει αναπτύξει επιχειρησιακό μοντέλο πρόγνωσης της κυκλοφορίας το οποίο έχει οριζόντια διακριτοποίηση $1/60^{\circ}$ και είναι ένθετο στο σύστημα πρόγνωσης ALERMO από όπου προέρχονται οι οριακές συνθήκες, ενώ επίσης δέχεται ατμοσφαιρική δράση από το ατμοσφαιρικό σύστημα SKIRON $1^{\circ}/10$ (Σχήματα 10 και 11). Από το εν λόγω μοντέλο προέρχονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να εκτελεστούν οι διάφοροι υπολογισμοί. Τα δεδομένα αυτά αφορούν σε (α) πεδία επιφανειακών ταχυτήτων U, V (δηλαδή ταχυτήτων κατά τον άξονα των μεσημβρινών και παραλλήλων αντίστοιχα) και (β) θερμοκρασία θαλάσσης T ($^{\circ}\text{C}$). Το χρονικό διάστημα στο οποίο αναφέρονται οι υπολογισμοί καλύπτει τη διάρκεια ενός έτους. Συγκεκριμένα εκτείνεται από τον Αύγουστο 2008 (08/2008) μέχρι τον Ιούλιο 2009

(07/2009). Για την εκτέλεση των υπολογισμών επιλέχτηκε η 15η μέρα εκάστου μήνα προκειμένου να αποφευχθούν οριακές τιμές-καταστάσεις και να υφίσταται γενικά μια μέση κατάσταση.



ΣΧΗΜΑ 10. (α) Πεδίο επιφανειακών ταχυτήτων, (β) Πεδίο θερμοκρασίας σε βάθος 5 μέτρων από το επιχειρησιακό μοντέλο του Βορείου Αιγαίου (<http://www.oc.phys.uoa.gr/oceanf.html>)

3.3 Εισαγωγή Μοντέλου

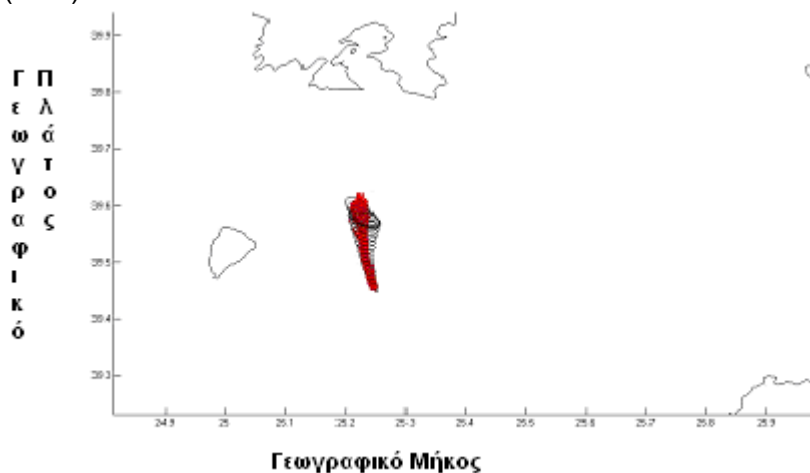
Για τη μελέτη των δομών της επιφανειακής κυκλοφορίας της θάλασσας και των εποχιακών διακυμάνσεων τους προκειμένου να είναι δυνατή η οριοθέτηση περιοχών έρευνας κατασκευάστηκε μοντέλο έρευνας – διάσωσης, το οποίο συζεύχθηκε με το εν λόγω σύστημα πρόγνωσης της θαλάσσιας κυκλοφορίας, λαμβάνοντας τα αναφερόμενα στην ενότητα 3.2 δεδομένα. Χρησιμοποιώντας τη θεωρία του τυχαίου σφάλματος (συγκεκριμένης στατιστικής κατανομής) αποφεύγεται η υποεκτίμηση των διαστάσεων της περιοχής έρευνας – διάσωσης (Hackett et al, 2006). Έτσι, όσον αφορά στον υπολογισμό των διαφόρων μεγεθών, η αβεβαιότητα των δεδομένων (ακολουθεί standard deviation) εισάγεται με την χρησιμοποίηση μιας Gaussian κατανομής του σφάλματος στο πεδίο των ταχυτήτων.

3.4 Τα Προγράμματα του Μοντέλου

Προκειμένου να εκτελεστούν οι απαραίτητοι υπολογισμοί αναπτύχθηκε μια σειρά προγραμμάτων σε κώδικα MATLAB που περιγράφονται περιληπτικά ως ακολούθως:

- α. Πρόγραμμα **SAR** (Search and Rescue): Αποτελεί το βασικό πρόγραμμα που χρησιμοποιεί τα δεδομένα U,V (δηλαδή τις επιφανειακές ταχύτητες υδάτων) επιτρέποντας στο χρήστη να τοποθετήσει τις συντεταγμένες της εκτιμώμενης θέσης της πτώσης του ανθρώπου στη θάλασσα και τον χρόνο στον οποίο επιθυμεί ο χρήστης να υπολογιστεί η τελευταία θέση του ναυαγού. Υφίσταται η δυνατότητα να τοποθετηθεί χειροκίνητα τιμή αβεβαιότητας όσον αφορά το χώρο (σε μοίρες) και το χρόνο (σε ώρες). Τα αποτελέσματα υποτυπώνονται σε γραφική απεικόνιση με τη βοήθεια του προγράμματος SAR_PLOT. Τα κόκκινα στίγματα είναι οι πιθανές θέσεις του παρασυρόμενου αντικειμένου που περικλείονται από τις αντίστοιχες ελλείψεις. Στο Σχήμα 11 απεικονίζεται παράδειγμα εφαρμογής του προγράμματος σε αρχική θέση πτώσης ανθρώπου στη θάλασσα με συντεταγμένες 39.45°N – 25.25°E.

- β. Πρόγραμμα **COMPUTE**: Τα ανωτέρω αποτελέσματα λαμβάνονται στη συνέχεια ως αρχικά στοιχεία από το πρόγραμμα COMPUTE όπου υπολογίζονται τα στοιχεία της **συνολικής απόστασης** που διένυσε ο ναυαγός στο δεδομένο χρόνο (t_{dist}), της **απόστασης μεταξύ αρχικής και τελικής θέσης** ($dist$), της **διασποράς των εκτιμώμενων θέσεων του** κατά τη διάρκεια της διαδρομής του ($diasp$) και τέλος της **τελικής διασποράς** όσον αφορά **το σύνολο των εκτιμώμενων θέσεων του στην τελική θέση** ($teldiasp$). Το πρόγραμμα στη πρώτη περίπτωση υπολογίζει βηματιστικά την συνολική απόσταση της διαδρομής από την αρχική θέση μέχρι την εκάστοτε επόμενη (σε km). Στη δεύτερη περίπτωση υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ της αρχικής θέσης (σημείο πτώσης) του ναυαγού και της τελικής θέσης του μετά το πέρας των 24 ωρών (σε km). Στη τρίτη περίπτωση υπολογίζεται το εμβαδόν της έλλειψης που δημιουργείται από τη διασπορά των πιθανών θέσεων του ναυαγού (σε km^2). Τέλος, στην τέταρτη περίπτωση υπολογίζεται το εμβαδόν της έλλειψης που περικλείει το σύνολο των εκτιμώμενων θέσεων του ναυαγού την τελευταία ώρα (24η ώρα) (σε km^2). Συνήθως η εκάστοτε τελική διασπορά καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την περιοχή ερεύνης που θα εγκαθιδρυθεί σε μια επιχείρηση έρευνας - διάσωσης.
- γ. Πρόγραμμα **PLOTARO** : Επιτυγχάνεται η γραφική απεικόνιση των μετρήσεων για ένα ατομικό μέγεθος και δίνονται πληροφορίες όσον αφορά στη τιμή του σε όλη την εξεταζόμενη περιοχή.
- δ. Προγράμματα **MTDIST**, **MDIST**, **MDIASP** και **MTELDIASP**: Υπολογίζονται οι μέσες ετήσιες τιμές των αποτελεσμάτων (που προέρχονται από το πρόγραμμα COMPUTE) και ο ετήσιος κύκλος και διακύμανση των τιμών αυτών.
- ε. Πρόγραμμα **UVT** : Παρέχει την γραφική απεικόνιση τόσο του πεδίου επιφανειακής θερμοκρασίας στη περιοχή του Βορείου Αιγαίου, όσο και του πεδίου των επιφανειακών ταχυτήτων στην προαναφερόμενη περιοχή για το εκάστοτε χρονικό διάστημα.
- στ. Πρόγραμμα **TEMLIFE**: Υπολογίζεται ο χρόνος επιβίωσης του ναυαγού στη θάλασσα ανάλογα με τη περιοχή όπου ευρίσκεται, εισάγοντας τα δεδομένα της θερμοκρασίας θαλάσσης ($T^{\circ}C$).



ΣΧΗΜΑ 11. Γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων SAR στη θέση 39.45°N – 25.25°E

3.5 Περιορισμοί – Παραδοχές

Λαμβάνοντας υπόψη την ιδιαίτερη γεωμορφολογία του Βορείου Αιγαίου επιλέχθηκε απόσταση μεταξύ των σημείων μετρήσεως 0.25° . Η συγκεκριμένη επιλογή εκτιμάται ότι αφενός μεν καλύπτει ικανοποιητικά την προαναφερόμενη περιοχή και αφετέρου επιτρέπει την καλύτερη αξιοποίηση των γραφικών αποτελεσμάτων λόγω μη αυξημένης συγκέντρωσης και υπερκάλυ-

ψης αυτών. Έκαστο εκ των 90 σημείων, που επιλέχθηκαν για να εκτελεστούν οι υπολογισμοί, αποτελεί μια αρχική θέση πτώσης ανθρώπου στη θάλασσα.

Στο κατασκευασθέν μοντέλο λαμβάνεται υπόψη μόνο η επίδραση των ταχυτήτων του θαλάσσιου επιφανειακού στρώματος. Για το λόγο αυτό, τόσο οι υπολογισμοί, όσο και τα αποτελέσματα, αφορούν μόνο παρασυρόμενο ναυαγό και όχι παρασυρόμενο αντικείμενο το οποίο επιδεικνύει επιφάνεια δυνατού μεγέθους πάνω από την μέση επιφάνεια της θαλάσσης. Πιο συγκεκριμένα, η επιλογή μη εκμετάλλευσης του ανεμολογικού καθεστώτος συνεπάγεται ότι δεν υφίστανται προϋποθέσεις υπολογισμού κινήσεως του παρασυρθέντος αντικείμενου λόγω επιδράσεως leeway και έγινε βάσει της υπόθεσης μη επίδρασης leeway στην παρασυρόμενη κίνηση του ανθρώπου εντός της θάλασσας, όταν αυτός βρίσκεται σε κατακόρυφη θέση. Ο ανωτέρω περιορισμός αφορά και στην εκμετάλλευση των δεδομένων κυματισμού, αφού μόνο αντικείμενα επιπέδου πλοίου επηρεάζονται από κυματισμό (Allen et al, 1999).

Η επιλογή της 15ης μέρας έκαστου μήνα ανταποκρίνεται στην ανάγκη αποφυγής οριακών καταστάσεων και εξασφάλισης μιας μέσης κατάστασης. Η επιλογή του χρονικού διαστήματος των 24 ωρών για την εκτέλεση έκαστης μέτρησης επιλέχθηκε με βάση την συνήθη διαδικασία που ακολουθείται σε περιπτώσεις εφαρμογής σχεδίου θαλάσσιας Έρευνας – Διάσωσης για ναυαγούς που εμπεριστατωμένα ευρίσκονται μέσα στη θάλασσα. Το πρώτο 24ωρο είναι πάντα το πιο κρίσιμο διότι θεωρείται ότι περί το 90% των περιπτώσεων ανθρώπου στη θάλασσα δεν έχουν ελπίδα επιβίωσης πέραν αυτού του χρονικού διαστήματος (U.S SAR Manual; Australian National SAR Manual). Για τον υπολογισμό του μέγιστου χρόνου επιβίωσης στη θάλασσα, επιλέχθηκε το διάγραμμα του U.S SAR Manual που αφορά στην χειρότερη κατηγορία ανθρώπινου σώματος όσον αφορά στη δυνατότητα διατηρήσεως θερμοκρασίας ενώ το ανθρώπινο σώμα βρίσκεται εντός θαλάσσης.

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ – ΕΙΔΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 Γενικά

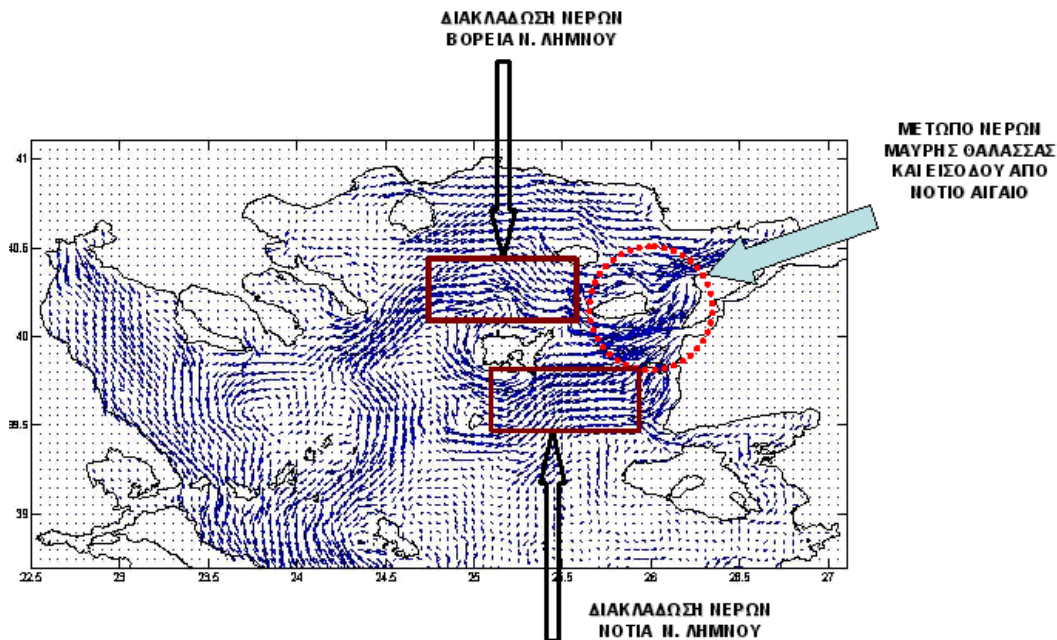
Κατά την εφαρμογή του μοντέλου, πραγματοποιήθηκαν ενενήντα μετρήσεις ανά μήνα (15η μέρα κάθε μήνα) και ανά μέγεθος επί ένα χρόνο (συνολικά 4.320 μετρήσεις), προκειμένου τα εξαχθέντα στοιχεία να ελεγχθούν τόσο σε μηνιαία βάση, όσο και σε ετήσια (μέση τιμή, ετήσιοι κύκλοι, ετήσιες διακυμάνσεις) και να ερμηνευθούν συναρτήσει των φυσικών διεργασιών (χαρακτηριστικά υδάτινων μαζών, δυναμική της λεκάνης) που συμβαίνουν στην συγκεκριμένη περιοχή. Έτσι, κατόπιν μελέτης των αποτελεσμάτων για έκαστο μήνα και την μεταξύ τους συσχέτιση, προκύπτουν ο ετήσιος κύκλος και η ετήσια διακύμανση των προς μέτρηση μεγεθών (συνολικής απόστασης, απόστασης, διασποράς και τελικής διασποράς). Τα στοιχεία αυτά είναι αναγκαία για την ανάπτυξη και εκμετάλλευση γενικών «κανόνων» που θα ισχύουν, στην συγκεκριμένη περιοχή, σε περίπτωση επιχείρησης Έρευνας – Διάσωσης. Στην ενότητα 4.2, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα κατά την εφαρμογή του μοντέλου για τον μήνα Φεβρουάριο (15η Φεβρουαρίου) με ενδεικτικές εικόνες και την αντίστοιχη ερμηνεία τους.

4.2 Αποτελέσματα Εφαρμογής Μοντέλου για τον Μήνα Φεβρουάριο

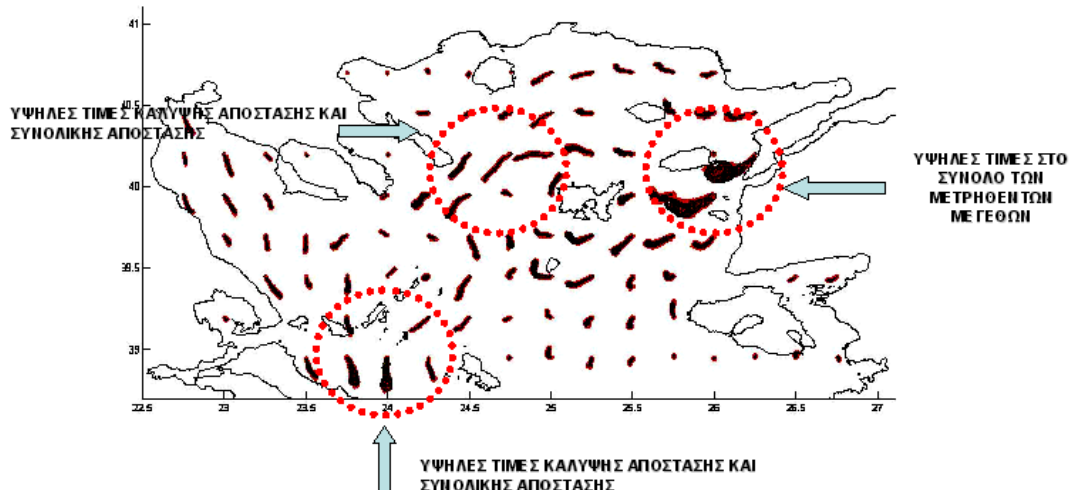
Παρατηρώντας το σχήμα 12, είναι φανερό πως στη παρούσα χρονική περίοδο φαίνεται μια «στροφή» των πεδίων των ταχυτήτων προς τα δυτικά – νοτιοδυτικά που με τη σειρά τους επηρεάζουν τις τροχιές που ακολουθεί ένα παρασυρόμενο αντικείμενο (άνθρωπος). Η εισροή των

νερών της Μαύρης Θάλασσας, η οποία δημιουργεί μέτωπο με την υδάτινη μάζα που προέρχεται από νότια και εισέρχεται στο Βόρειο Αιγαίο διαμέσου των ακτογραμμών της Μικράς Ασίας έχει πιο τυπικά χαρακτηριστικά για την περίοδο παρατήρησης. Εν συνεχεία, διακλαδίζεται ανατολικά ν. Λήμνου ακολουθώντας δυτικές πορείες βόρεια και νότια της εν λόγω νήσου.

Το μοντέλο αντίστοιχα με το πεδίο των επιφανειακών ταχυτήτων «παράγει» το σχήμα 13 όπου απεικονίζονται γραφικά οι τροχιές ενός παρασυρόμενου αντικειμένου (ενός ανθρώπου στη προκειμένη περίπτωση). Είναι φανερές οι περιοχές όπου εμφανίζονται υψηλές τιμές των υπολογισθέντων μεγεθών.

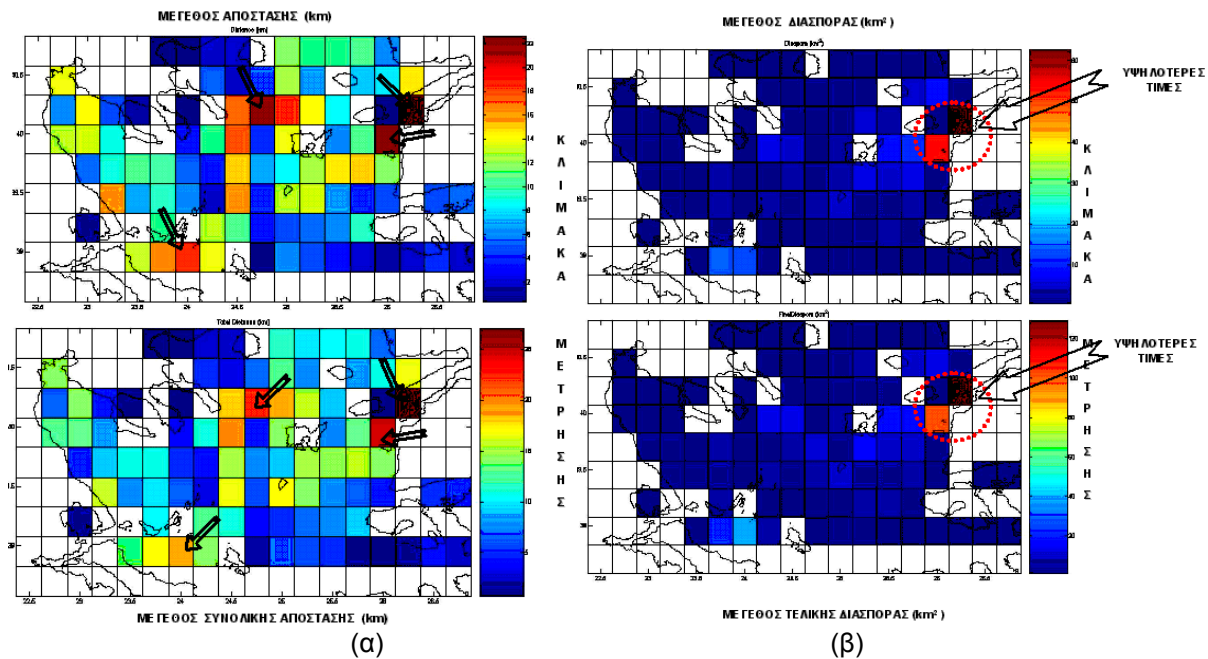


ΣΧΗΜΑ 12. Πεδίο Επιφανειακών Ταχυτήτων την 15η Φεβρουαρίου

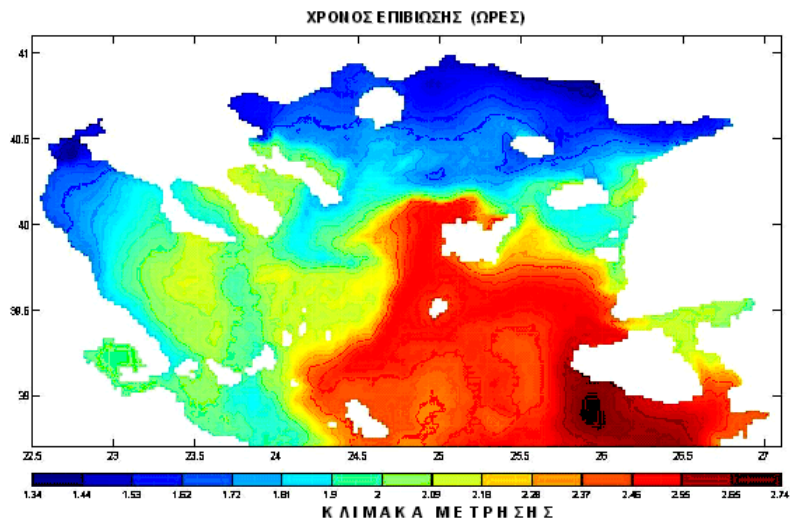


ΣΧΗΜΑ 13. Γραφική Απεικόνιση Τροχιών με Εφαρμογή Προγράμματος SAR την 15η Φεβρουαρίου

Το μοντέλο, εν συνεχεία, κάνοντας χρήση χρωμάτων και αντίστοιχης κλίμακας για διευκόλυνση του χρήστη, παρέχει γραφικά τις τιμές των στοιχείων (απόσταση, συνολική απόσταση, διασπορά, τελική διασπορά θέσεων, χρόνος επιβίωσης στη θάλασσα) για την εν λόγω περιοχή, όπως φαίνονται στα σχήματα 14 και 15.



ΣΧΗΜΑ 14. Γραφική Απεικόνιση Μεγεθών (α) Απόστασης και Συνολικής Απόστασης, (β) Διασποράς και Τελικής Διασποράς, για την 15η Φεβρουαρίου.



ΣΧΗΜΑ 15. Γραφική Απεικόνιση Χρόνου Επιβίωσης στη Θάλασσα την 15η Φεβρουαρίου

Από το σχήμα 14(α) γίνεται φανερό ότι εμφανίζεται παρόμοια κατανομή τιμών στα μεγέθη της απόστασης και της συνολικής απόστασης, παρουσιάζοντας μέγιστα στην είσοδο των στενών των Δαρδανελίων, βορειότερα αυτών, βορειοδυτικά ν. Λήμνου και δυτικά ν. Σκύρου. Επίσης εμφανίζονται υψηλές τιμές ανατολικά και νοτιοανατολικά της χερσονήσου του Άθω (οι υψηλές τιμές επιδεικνύονται με μαύρα βέλη). Από το διάγραμμα των επιφανειακών ταχυτήτων (σχήμα 13) δικαιολογούνται πλήρως οι μεγάλες τιμές στον Άθω, βορειοδυτικά ν. Λήμνου και δυτικά ν. Σκύρου αφού οφείλονται στις υψηλές ταχύτητες που χαρακτηρίζουν την υδάτινη μάζα κατά την πορεία της προς τα δυτικά. Αντίθετα, στην είσοδο των στενών, δεν είναι η ποσότητα εισροής αυτή που δίνει τα μέγιστα αλλά η σύγκλιση δύο υδάτινων μαζών (Μαύρης Θάλασσας και Νοτίου

Αιγαίου) που δημιουργεί ένα ισχυρό μέτωπο με έντονες βαθμίδες πυκνότητας, οι οποίες δημιουργούν ισχυρές δυτικές ταχύτητες.

Στο σχήμα 14(β), όπου επίσης εμφανίζεται παρόμοια κατανομή τιμών στα μεγέθη της διασποράς και τελικής διασποράς, παρουσιάζεται γενικά μια σταθερότητα με τιμές που δεν ξεπερνούν τα 15 km^2 . Τα μέγιστα, που και στις δύο περιπτώσεις παρουσιάζονται στις περιοχές των στενών των Δαρδανελίων, οφείλονται στη σύγκλιση των υφάλμυρων νερών της Μαύρης Θάλασσας με τα νερά που προέρχονται από τα νότια και στο ισχυρό μέτωπο που δημιουργείται. Έτσι η τελική διασπορά φτάνει σε πολύ υψηλές τιμές, της τάξεως των 120 km^2 , ενώ η διασπορά σε τιμές που αγγίζουν τα 65 km^2 .

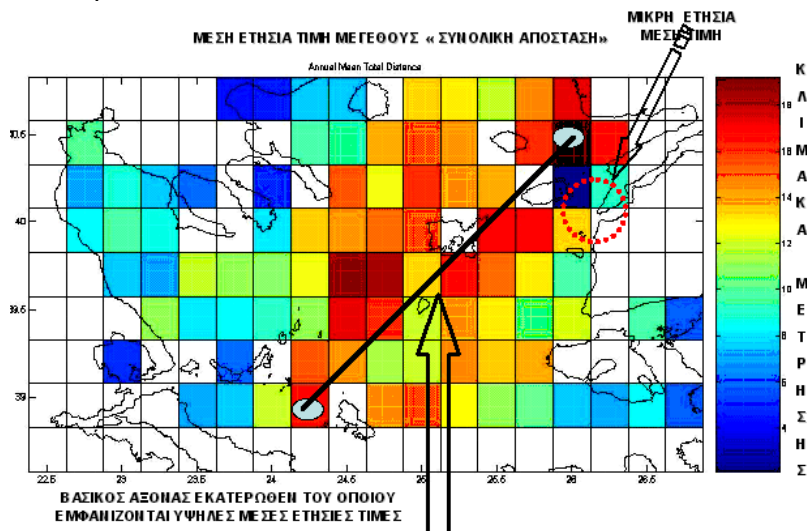
Στο πεδίο των επιφανειακών θερμοκρασιών, η μέγιστη θερμοκρασία δεν ξεπερνά τους 15.46°C . Επίσης, οι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή συνεχίζουν να επηρεάζουν την θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας. Έτσι, η βάρθρωση που παρουσιάζει η επιφανειακή θερμοκρασία κατά τον άξονα Βορράς – Νότος, κατά τους χειμερινούς μήνες, αρχίζει να γίνεται πιο έντονη. Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω θερμοκρασίες, προκύπτει το σχήμα 15 όπου ο μέγιστος χρόνος επιβίωσης ενός ανθρώπου στη θάλασσα (υπό τις δυσμενέστερες συνθήκες) για την περίοδο αυτή δεν ξεπερνάει τις 2.74 ώρες. Σημειώνεται ότι είναι περίπου μισή ώρα λιγότερη από τον χρόνο που αφορούσε τον μήνα Ιανουάριο.

4.3 Αποτελέσματα Εφαρμογής Μοντέλου σε Ετήσια Βάση

Το μοντέλο, αφού εκτελεστεί η ανωτέρω ανάλυση για κάθε μήνα του έτους, υπολογίζει τη μέση ετήσια τιμή, τον ετήσιο κύκλο της μέσης και της μέγιστης τιμής κάθε μεγέθους και τέλος την ετήσια διακύμανση που το κάθε μέγεθος παρουσιάζει αναλόγως εποχής.

4.3.1 Μέση Ετήσια Τιμή, Ετήσιοι Κύκλοι και Ετήσια Διακύμανση των Μεγεθών «Απόσταση» και «Συνολική Απόσταση» - Ειδικά Συμπεράσματα

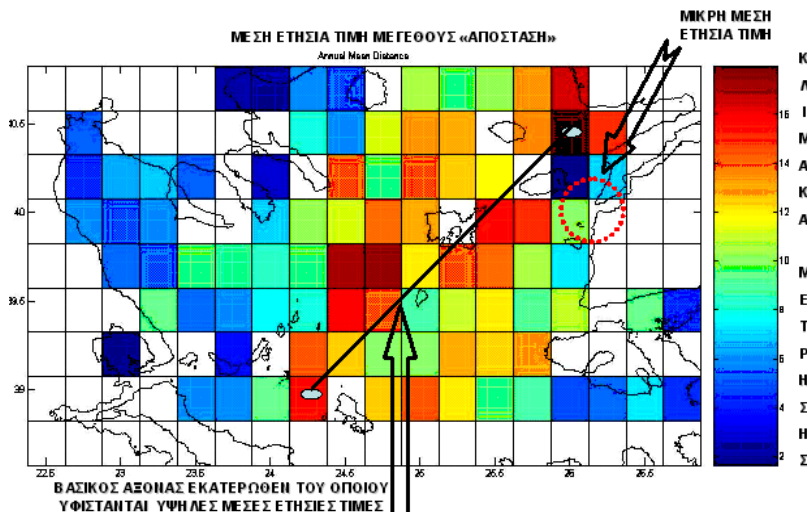
Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του μοντέλου (σχήματα 16 και 17), τα μεγέθη της «Απόστασης» και της «Συνολικής Απόστασης» παρουσιάζουν πανομοιότυπη κατανομή σε, ετήσιας βάσης, αποτελέσματα.



ΣΧΗΜΑ 16. Μέση Ετήσια Τιμή Μεγέθους «Συνολική Απόσταση»

Συγκεκριμένα, παρατηρείται ένας βασικός άξονας εκατέρωθεν του οποίου (ανατολικά και δυτικά) παρουσιάζονται οι υψηλές μέσες ετήσιες τιμές των δύο μεγεθών. Ο άξονας αυτός

άρχεται περίξ της θέσεως με στίγμα 38.95N – 24.25E (νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης) και περατούται κατ' εκτίμηση περίξ της θέσεως με στίγμα 40.45N – 26.00E (βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης). Χωρίζει δηλαδή το Βόρειο Αιγαίο διαγώνια.



ΣΧΗΜΑ 17. Μέση Ετήσια Τιμή Μεγέθους «Απόσταση»

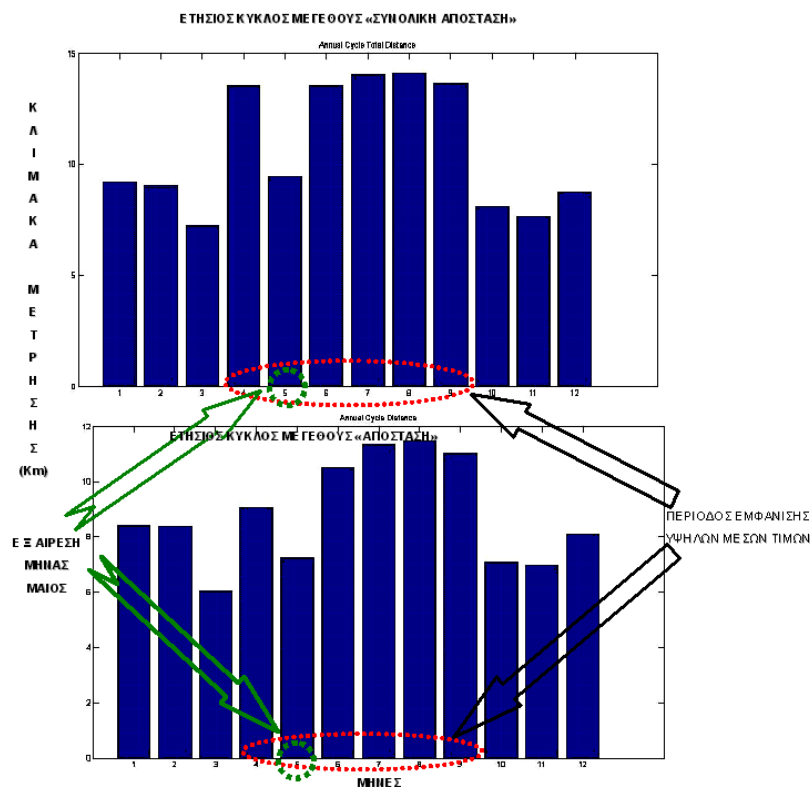
Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι, οι μέγιστες μέσες τιμές εμφανίζονται βορείως και νοτίως νήσου Σαμοθράκης, ανατολικά και νότια νήσου Λήμνου, ανατολικά της Χερσονήσου του Άθω, βορειοδυτικά και δυτικά νήσου Αγίου Ευστρατίου, βορειοδυτικά και δυτικά νήσου Σκύρου. Αντίθετα οι ελάχιστες μέσες τιμές παρουσιάζονται κοντά στις ακτές, σε κόλπους καθώς και ανάμεσα σε συμπλέγματα νησιών(π.χ νήσοι Βόρειοι Σποράδες).

Οι μέγιστες τιμές του μεγέθους «Συνολική Απόσταση» εμφανίζονται στη περιοχή του μόνιμου αντικυκλώνα της Σαμοθράκης, ο οποίος ενίοτε (ψυχρές περίοδοι) ενισχύεται από φλέβες του βορείου κλάδου της μάζας των υφάλμυρων νερών της Μαύρης Θάλασσας που εξέρχονται από το στενό των Δαρδανελίων. Τα μέγιστα που παρατηρούνται περίξ της νήσου Λήμνου επεξηγούνται επίσης από την κίνηση των νερών της Μαύρης Θάλασσας που στις χειμερινές περιόδους κινούνται βόρεια ν. Λήμνου με δυτικές πορείες και μετέπειτα διακλαδίζονται ενώ αντίθετα τις θερινές περιόδους κινούνται νότια - νοτιοδυτικά ν.Λήμνου και μετά τη διακλάδωσή τους ο ένας κλάδος ακολουθεί βόρειες πορείες περνώντας βορειοδυτικά της εν λόγω νήσου. Τα μέγιστα που παρατηρούνται δυτικά της ν. Αγ. Ευστρατίου οφείλονται στον έτερο κλάδο της θαλάσσιας μάζας που εξέρχεται από τα Δαρδανέλια και κινείται με νότιες πορείες μετά την διακλάδωση της στη περιοχή της ν.Λήμνου. Το μέγιστο που παρουσιάζεται δυτικά ν. Σκύρου αποτελεί σχετικά συνέχεια της νότιας κίνησης των νερών της Μαύρης Θάλασσας. Το μέγιστο που παρατηρείται ανατολικά της Χερσονήσου του Άθω εκτιμάται ότι έχει τη βάση του στον εποχιακό αντικυκλώνα στην περιοχή του Άθω (χειμερινοί μήνες). Επίσης, κάποιες μεγάλες μέσες τιμές δυτικά ν. Λέσβου εξηγούνται από την γενικότερη κίνηση των υδάτων της λεκάνης με νότιες πορείες (θερινοί μήνες) και την άφιξη των νερών από το Νότιο Αιγαίο (νερά Λεβαντίνης (LSW)), με βόρειες πορείες μέσω του πλατώ των Κυκλάδων και των Μικρασιατικών ακτών (χειμερινοί μήνες). Πάντως σε γενικά πλαίσια, επαληθεύεται η ύπαρξη σχηματισμών μεγέθους μερικών ακτίνων Rossby (0-13km) λόγω της ιδιαίτερης τοπογραφίας και της παρουσίας νήσων συναρτήσει των ανεμολογικών πεδίων (Georgoroulos,2001- Kontogiannis et al, 2003). Τα ανωτέρω επαληθεύουν τις μέγιστες τιμές του μεγέθους της «Απόστασης» που ειδικότερα αντιστοιχούν σε περιοχές όπου υφίστανται α) κινήσεις υδάτινων μαζών λόγω μόνιμων σχηματισμών β) διαδρομή (χειμερινή και θερινή) που ακολουθούν τα εισερχόμενα στη λεκάνη νερά της

Μαύρης Θάλασσας και γ) διαδρομή των υδάτινων μαζών με πορείες βόρειες – βορειοανατολικές προερχόμενες από νότια.

Εντύπωση προκαλεί το ότι δεν εμφανίζονται μεγάλες τιμές των συγκεκριμένων μεγεθών στην είσοδο των στενών των Δαρδανελίων, όπου παρουσιάζονται έντονες χωρικές και χρονικές διακυμάνσεις. Οι διακυμάνσεις αυτές δημιουργούν αβεβαιότητα ως προς την επιλογή αρχικού σημείου μετρήσεων προκειμένου οι μετρήσεις να επικεντρωθούν στην ροή εξόδου των BSW. Συνεπώς, σε μερικούς μήνες (καλοκαιρινοί μήνες), τα σημεία (κυρίως το σημείο με συντεταγμένες 39.95°N – 26.00°E) που επιλέχθηκαν είναι εκτός της βασικής ροής. Επίσης πολλές φορές, το προς έρευνα αντικείμενο απομακρύνεται γρήγορα από την περιοχή απορροής και συχνά εγκλωβίζεται σε σχηματισμούς των γύρω περιοχών. Το συνολικό αποτέλεσμα των ανωτέρω φαινομένων είναι να εμφανίζονται μικρές τιμές των εξεταζόμενων μεγεθών.

Για τις ελάχιστες τιμές του μεγέθους «Απόσταση» (distance), πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι τροχιές ενός παρασυρόμενου αντικειμένου στη θάλασσα χαρακτηρίζονται από στροβιλισμούς (edies) οι οποίοι δεν επιτρέπουν την αύξηση του εν λόγω μεγέθους αφού αρχική και τελική θέση διακρίνονται από ιδιαίτερη εγγύτητα. Για το λόγο αυτό, οι αντίστοιχες μέσες τιμές στην ίδια υποπεριοχή, για το μέγεθος της «Συνολικής Απόστασης», είναι μεγαλύτερες αφού σε εκείνη τη περίπτωση προστίθεται διαδοχικά η απόσταση έκαστης τροχιάς ανά ώρα.

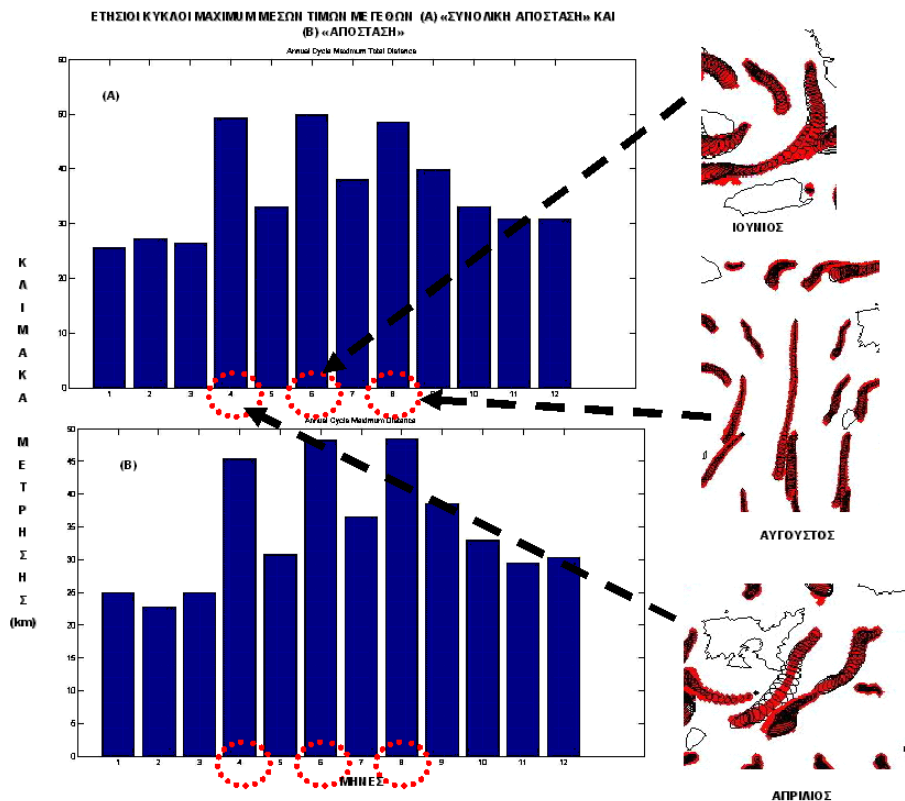


ΣΧΗΜΑ 18. Ετήσιοι Κύκλοι Μεγεθών «Συνολικής Απόστασης» και «Απόστασης»

Στο σχήμα 18 απεικονίζονται οι ετήσιοι κύκλοι των υπόψη μεγεθών που προκύπτουν από το σύνολο των μετρήσεων. Πρέπει εκ των προτέρων να ληφθεί υπόψη ότι ο καιρός είναι συνοπτικός και ως εκ τούτου αναφέρεται σε δεδομένη χρονική στιγμή (15 ημέρα έκαστου μήνα) με αποτέλεσμα να μην αντιπροσωπεύει πλήρως κάθε μήνα. Έτσι την χρονική περίοδο από Απρίλιο έως Σεπτέμβριο παρουσιάζονται σε μέση τιμή οι υψηλότερες τιμές των εν λόγω

μεγεθών, με μοναδική εξαίρεση τον μήνα Μάιο. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η παροχή υδάτων της Μαύρης Θάλασσας μέσω Δαρδανελίων παρουσιάζεται κατά τη θερινή περίοδο, ήτοι από Μάιο έως Αύγουστο, οι υψηλές τιμές των μεγεθών για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο επαληθεύονται άμεσα. Όσον αφορά στις μειωμένες συγκριτικά τιμές του Μαΐου, εκτιμάται ότι η μέτρηση ελήφθη σε οριακή κατάσταση και ίσως δεν ανταποκρίνεται στην γενική εικόνα που παρατηρείται τον μήνα Μάιο. Όσον αφορά στους υπόλοιπους δύο μήνες (α) το μήνα Απρίλιο για τη συγκεκριμένη ημέρα, ο αντικυκλώνας της Σαμοθράκης φαίνεται ιδιαίτερα ενισχυμένος, (β) το μήνα Σεπτέμβριο παρατηρείται (στη συγκεκριμένη μέρα), εκτός από την συνέχιση του φαινομένου εισροής στο Αιγαίο νερών της Μαύρης Θάλασσας, ενισχυμένη ροή με βόρειες πορείες υδάτινων μαζών νοτιοδυτικά ν. Σάμου. Στους υπόλοιπους μήνες το εξασθενημένο φαινόμενο της εισροής υδάτων από τη Μαύρη Θάλασσα έχει ως αποτέλεσμα τις σημαντικά μειωμένες μέσες τιμές των δύο μεγεθών.

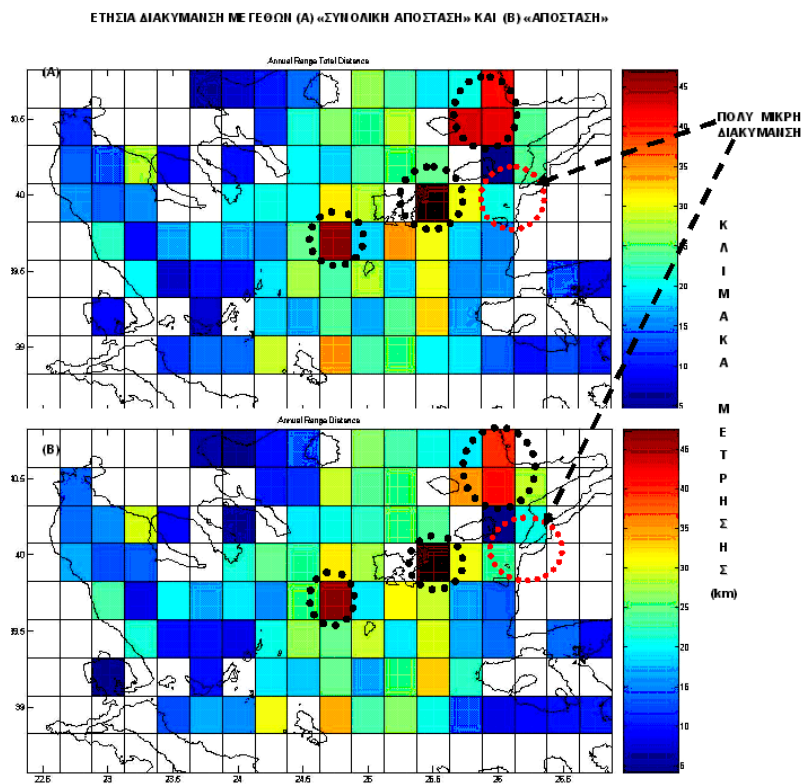
Όσον αφορά στον ετήσιο κύκλο των μέγιστων μέσων τιμών που εμφανίζουν τα δύο μεγέθη, από το σχήμα 19 γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι οι μέγιστες τιμές παρουσιάζονται τους μήνες Απρίλιο, Ιούνιο και Αύγουστο.



ΣΧΗΜΑ 19. Ετήσιοι Κύκλοι Μέγιστης Μέσης Τιμής Μεγεθών «Συνολική Απόσταση» και «Απόσταση»

Τον Απρίλιο, η μέγιστη τιμή αντιστοιχεί σε θέση ανατολικά της ν.Σαμοθράκης και οφείλεται στο μόνιμο αντικυκλώνα που υφίσταται στην εν λόγω περιοχή. Τον Ιούνιο, οι εν λόγω τιμές αντιστοιχούν σε θέση ανατολικά ν. Λήμνου, όπου υφίσταται ο άξονας κίνησης των υφάλμυρων νερών που εισρέουν από τη Μαύρη Θάλασσα. Τον Αύγουστο, η μέγιστη τιμή αντιστοιχεί σε θέση βορειοδυτικά της ν. Αγ. Ευστατίου όπου επίσης κινείται με νότιες πορείες ο νότιος κλάδος της υδάτινης μάζας που εισρέει από τη Μαύρη Θάλασσα.

Η ετήσια διακύμανση των δύο μεγεθών είναι επίσης πανομοιότυπη (σχήμα 20). Οι μέγιστες τιμές (οριοθετούνται με μαύρους διακεκομμένους κύκλους) παρατηρούνται ανατολικά ν.Λήμνου, βορειοδυτικά ν. Αγ. Ευσταθίου, ανατολικά ν. Σαμοθράκης και δυτικά των Μικρασιατικών ακτών στο ύψος του ποταμού Έβρου. Στο σημείο ανατολικά της ν. Λήμνου η μέγιστη διακύμανση οφείλεται στην εποχική κίνηση των νερών της Μαύρης Θάλασσας όπου αφενός μεν τον χειμώνα κινούνται δυτικά κατά μήκος των βορείων ακτών της ν. Λήμνου (όπου παρουσιάζεται ελάχιστο) ενώ το καλοκαίρι κινούνται νοτια-νοτιοδυτικά της ν. Λήμνου (όπου εμφανίζονται μέγιστα τιμών). Συνέχεια του φαινομένου αυτού είναι η διακύμανση που παρουσιάζεται νοτίως ν. Λήμνου. Με τον ίδιο τρόπο επηρεάζεται και η περιοχή βορειοδυτικά ν. Αγ. Ευσταθίου όπου τα ελάχιστα συναντώνται κατά τη χειμερινή περίοδο ενώ τα μέγιστα κατά την θερινή, διότι η διακλάδωση των υδάτων της Μαύρης Θάλασσας προς τα βορειοδυτικά της ν. Λήμνου με βόρειες πορείες επηρεάζει την εν λόγω περιοχή. Οι μέγιστες διακυμάνσεις που απαντώνται ανατολικά ν. Σαμοθράκης και δυτικά των Μικρασιατικών ακτών, στο ύψος του ποταμού Έβρου, συσχετίζονται με τις διακυμάνσεις του αντικυκλώνα της Σαμοθράκης. Γνωρίζοντας τη διακύμανση που υφίσταται στην παροχή των νερών της Μαύρης θάλασσας κατά τη διάρκεια ενός έτους, προκαλεί εντύπωση η μη ύπαρξη μεγίστου διακύμανσης στην έξοδο των Στενών των Δαρδανελίων. Η εν λόγω «αστοχία» οφείλεται στη μη κάλυψη της περιοχής, ως προς την επιλογή αρχικού σημείου μετρήσεων, προκειμένου οι μετρήσεις να επικεντρωθούν στην ροή εξόδου των BSW.



ΣΧΗΜΑ 20. Ετήσια Διακύμανση Μεγεθών «Συνολική Απόσταση» και «Απόσταση»

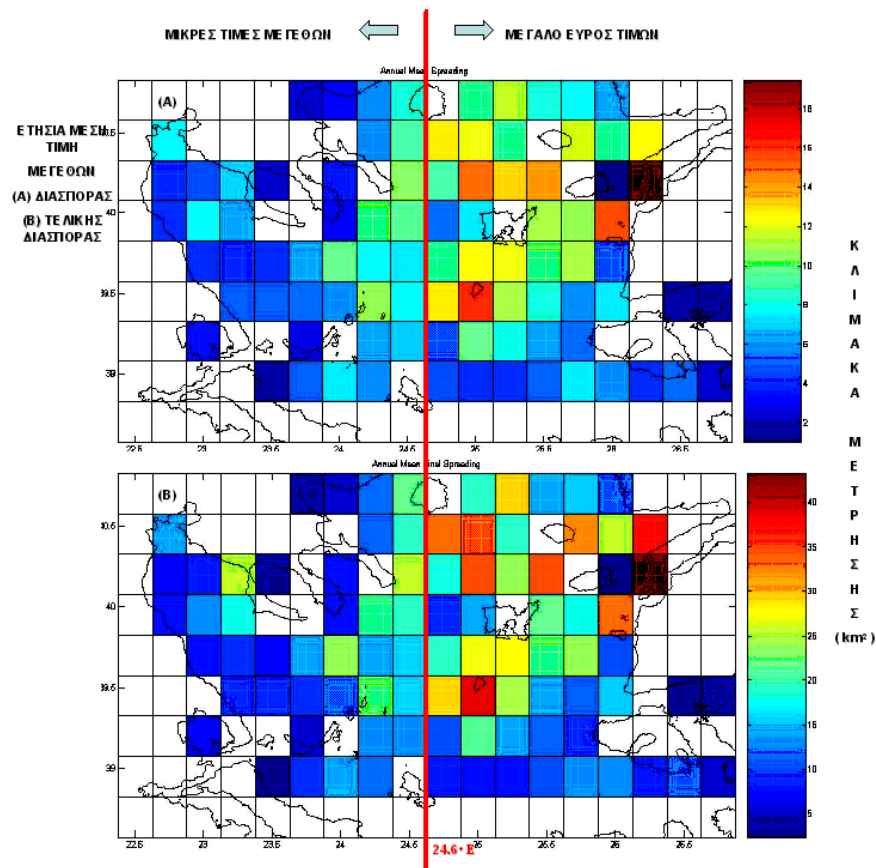
Οι ελάχιστες διακυμάνσεις (της τάξεως των 5 έως 10km) παρουσιάζονται σε περιοχές όπου δεσπόζουν νησιωτικά συμπλέγματα, ακτογραμμές και κλειστοί κόλποι, δηλαδή όπου τα πεδία των ταχυτήτων δεν είναι υψηλά καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Στις υπόλοιπες περιοχές όπου εμφανίζονται μέσες διακυμάνσεις, πρέπει να σημειωθεί η περιοχή δυτικά και βορειοδυτικά ν. Λέσβου (περιοχές με κίτρινο χρώμα) όπου οι διακυμάνσεις αυτές οφείλονται στην κίνηση των υδάτινων μαζών με βόρειες ή βορειοδυτικές πορείες κατά

τους πρώτους μήνες του έτους (κυρίως Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο). Επίσης σημειώνεται η περιοχή ανατολικά της χερσονήσου του Άθω όπου εκτιμάται ότι τέτοιου μεγέθους διακυμάνσεις (15-25km) οφείλονται στον εποχικό αντικυκλώνα του Άθω. Οι υπόλοιπες περιοχές που παρουσιάζουν διακυμάνσεις περί τα 15-25 km αποτελούν χώρους όπου επηρεάζονται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους από την επιφανειακή εισροή των νερών της Μαύρης Θάλασσας ή την εισροή των νερών λεβαντινής νότιας προέλευσης. Τέλος η διακύμανση μεγέθους 35 km που φαίνεται ανατολικά της ν. Σκύρου οφείλεται στην επίσης ενισχυμένη ροή των υδάτινων μαζών με βόρειες πορείες, κυρίως κατά τους πρώτους δύο μήνες του έτους.

4.3.2 Μέση Ετήσια Τιμή, Ετήσιοι Κύκλοι και Ετήσια Διακύμανση των Μεγεθών «Διασπορά» και «Τελική Διασπορά» - Ειδικά Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του μοντέλου (σχήμα 21), τα μεγέθη της «Διασποράς» και της «Τελικής Διασποράς» παρουσιάζουν επίσης πανομοιότυπη κατανομή σε, ετήσιας βάσης, αποτελέσματα.

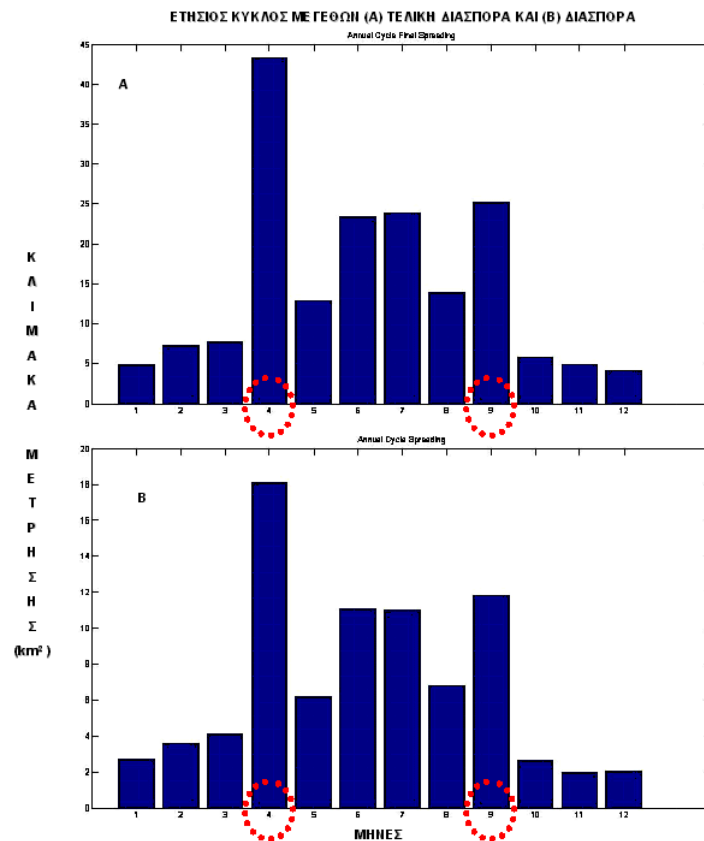


ΣΧΗΜΑ 21. Ετήσια Μέση Τιμή Μεγεθών «Διασπορά» και «Τελική Διασπορά»

Είναι φανερό ότι στη συγκεκριμένη λεκάνη διακρίνονται δύο βασικές υποπεριοχές ως προς τον άξονα Ανατολή – Δύση, όπου τα μεγέθη της «Διασποράς» και «Τελικής Διασποράς» μπορούν να ομαδοποιηθούν συναρτήσει των ετήσιων μέσων τιμών. Έτσι, δυτικά του «νοητού» μεσημβρινού 24.6° E οι μέσες τιμές είναι γενικά μικρές και δεν ξεπερνούν τα 11 km² για τη «Διασπορά» και τα 20 km² για την «Τελική Διασπορά» αντίστοιχα, ενώ ανατολικά του εν λόγω μεσημβρινού οι τιμές παρουσιάζουν ευρύ φάσμα. Η εμφάνιση των υψηλότερων τιμών εντοπίζεται στη περιοχή που ορίζεται δυτικά από τις ακτογραμμές των νήσων Αγ.Ευστρατίου, Λήμνου

και Θάσου και ανατολικά από τις μικρασιατικές ακτές. Συγκεκριμένα τα μέγιστα παρατηρούνται στην έξοδο από τα στενά των Δαρδανελίων, βόρεια των εν λόγω στενών, βόρεια ν.Λήμνου και τέλος νότια της ν. Αγ. Ευστατίου. Λόγω της έντονης χωροχρονικής διακύμανσης στη περιοχή γύρω από τα στενά των Δαρδανελίων υπεισέρχεται αβεβαιότητα στο πεδίο ταχυτήτων που με τη σειρά της αυξάνει το «σφάλμα» ταχυτήτων. Τα υπόλοιπα δύο μέγιστα εκτιμάται ότι οφείλονται στην ύπαρξη ξηράς (που συνεπάγεται αβεβαιότητα στο πεδίο ταχυτήτων) πλησίον του σημείου μέτρησης (Μικρασιατική ακτογραμμή, ν. Αγ. Ευστατίου). Οι υπόλοιπες υψηλές τιμές βόρεια ν. Λήμνου οφείλονται στην εξάπλωση των υφάλμυρων νερών της Μαύρης Θάλασσας καθώς και στο μόνιμο σχηματισμό του αντικυκλώνα της Σαμοθράκης. Οι μικρές ή ελάχιστες τιμές διασποράς απαντώνται κυρίως σε κλειστούς κόλπους, στενά (περιοχές που εμφανίζονται μικροί στροβιλισμοί) και σε περιοχές που εμφανίζεται ιδιαίτερα σταθερή ροή (όπως π.χ ανατολικά ν. Σκύρου). Γενικά, ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις των μέσων τιμών των υπόψη μεγεθών ακολουθούν τον άξονα κίνησης των νερών της Μαύρης Θάλασσας στο Βόρειο Αιγαίο.

Παρατηρώντας τον ετήσιο κύκλο για τις μέσες τιμές των δύο μεγεθών (σχήμα 22) και λαμβάνοντας υπόψη ότι ο καιρός είναι συνοπτικός, άρα δεν αντιπροσωπεύει πλήρως ένα μήνα, οι υψηλότερες μέσες τιμές των δύο μεγεθών εμφανίζονται τους μήνες Απρίλιο και Σεπτέμβριο (15η ημέρα).



ΣΧΗΜΑ 22. Ετήσιοι Κύκλοι Μεγεθών «Τελική Διασπορά» και «Διασπορά»

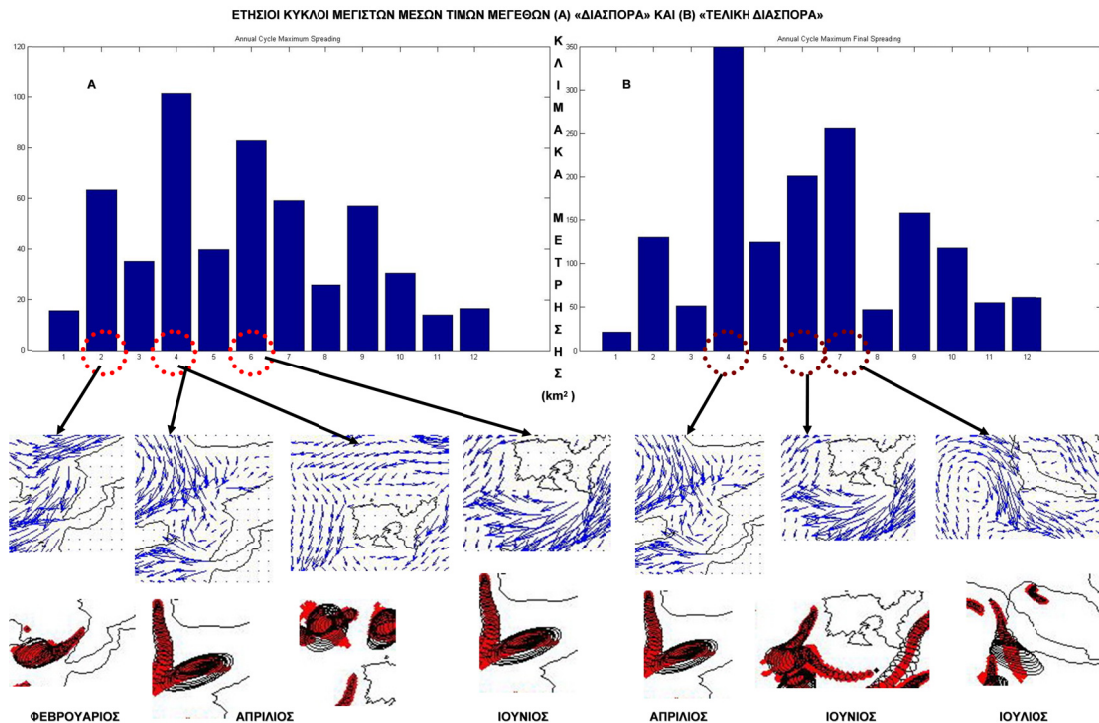
Έτσι, τον μήνα Απρίλιο οι αυξημένες τιμές ερμηνεύονται από τη γενική κυκλοφορία που επικρατεί στο τρίγωνο που περικλείεται μεταξύ των νήσων Θάσου, Λήμνου και Σαμοθράκης κατά τον άξονα κίνησης του αντικυκλώνα της Σαμοθράκης. Τον μήνα Σεπτέμβριο αντίθετα, οι

αυξημένες τιμές οφείλονται στην κυκλοφορία των νερών της Μαύρης Θάλασσας ανατολικά και νότια ν. Λήμνου (νότιος κλάδος νερών Μαύρης Θάλασσας).

Οι τρεις μήνες, κατά φθίνουσα τιμή, όπου παρουσιάζονται, την εξεταζόμενη μέρα, οι μέγιστες τιμές των δύο μεγεθών είναι οι Απρίλιος, Ιούνιος και Φεβρουάριος για το μέγεθος «Διασπορά» και οι Απρίλιος, Ιούλιος και Ιούνιος για το μέγεθος «Τελική Διασπορά» (σχήμα 23). Στην περίπτωση του Απριλίου, η μέγιστη «Διασπορά» απαντάται σε δύο περιοχές: α. βόρεια στενού Δαρδανελίων που οφείλεται στον μόνιμο αντικυκλώνα της Σαμοθράκης, όπου απαντάται και η μέγιστη «Τελική Διασπορά» και β. βορειοδυτικά ν. Λήμνου που οφείλεται σε εμφανιζόμενο αντικυκλωνικό σχηματισμό μεταξύ της Χερσονήσου του Άθω και της Θάσου.

Στη περίπτωση του Ιουνίου, τα μέγιστα των δύο μεγεθών συναντώνται στη περιοχή νοτιοδυτικά ν. Λήμνου, όπου υφίσταται η κίνηση της υδάτινης μάζας (νότιος κλάδος) προερχόμενης από τη Μαύρη Θάλασσα, με δυτικές πορείες στα πλαίσια της γενικής κυκλοφορίας στα βορειοδυτικά της λεκάνης. Τον Ιούλιο, η μέγιστη «Τελική Διασπορά» εμφανίζεται σε θέση δυτικά της Χερσονήσου της Χαλκιδικής, όπου υφίσταται αντικυκλωνικός σχηματισμός. Στη περίπτωση του Φεβρουαρίου, η μέγιστη «Διασπορά» απαντάται στη περιοχή βόρεια στενού Δαρδανελίων και οφείλεται στη γενική κυκλοφορία στη βορειοανατολική περιοχή της λεκάνης και στα νερά της Μαύρης Θάλασσας που εισρέουν από τα Δαρδανέλια.

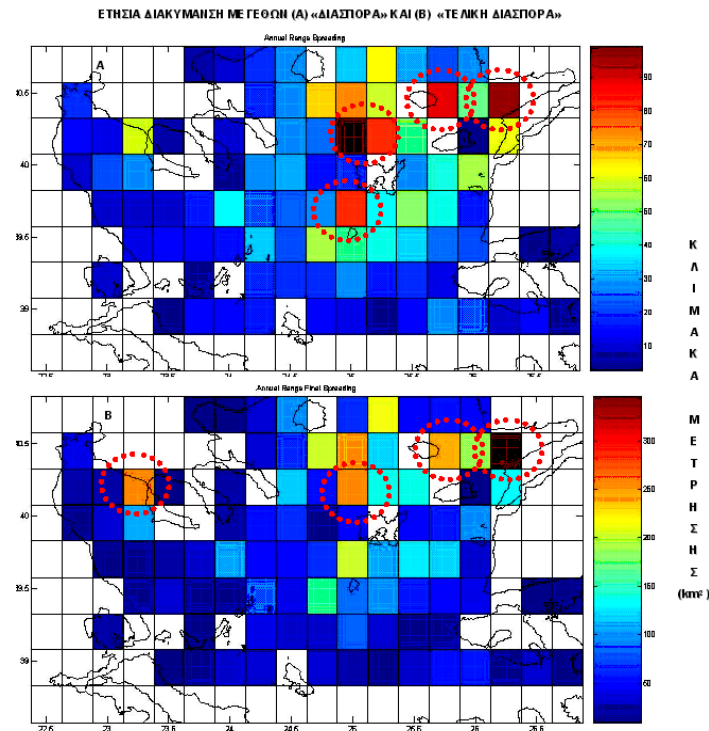
Όσον αφορά στην ετήσια διακύμανση των δύο μεγεθών, παρατηρώντας το σχήμα 24, είναι φανερό πως είναι παρόμοια. Οι μέσες τιμές διακύμανσης στο στενό των Δαρδανελίων ερμηνεύονται, όπως και ανωτέρω, από την αβεβαιότητα του πεδίου ταχυτήτων, που αυξάνει τελικά το σφάλμα μέτρησης ταχυτήτων. Οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις (όπως σημειώνονται στο σχήμα 24) παρουσιάζονται στις περιοχές βόρεια του στενού των Δαρδανελίων και βορειοδυτικά ν. Λήμνου. Επίσης υψηλές τιμές παρουσιάζονται βόρεια και νοτιοδυτικά ν. Λήμνου, ανατολικά Ν. Σαμοθράκης καθώς και νότια ν. Θάσου.



ΣΧΗΜΑ 23. Ετήσιοι Κύκλοι Μέγιστης Μέσης Τιμής Μεγεθών «Διασπορά» και «Τελική Διασπορά»

Όσον αφορά στην ετήσια διακύμανση των δύο μεγεθών, παρατηρώντας το σχήμα 24, είναι φανερό πως είναι παρόμοια. Οι μέσες τιμές διακύμανσης στο στενό των Δαρδανελίων ερμηνεύονται, όπως και ανωτέρω, από την αβεβαιότητα του πεδίου ταχυτήτων, που αυξάνει τελικά το σφάλμα μέτρησης ταχυτήτων. Οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις (όπως σημειώνονται στο σχήμα 24) παρουσιάζονται στις περιοχές βόρεια του στενού των Δαρδανελίων και βορειοδυτικά ν. Λήμνου.

Επίσης υψηλές τιμές παρουσιάζονται βόρεια και νοτιοδυτικά ν. Λήμνου, ανατολικά Ν. Σαμοθράκης καθώς και νότια ν. Θάσου.



ΣΧΗΜΑ 24. Ετήσια Διακύμανση Μεγεθών «Διασπορά» και «Τελική Διασπορά»

Σημειώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό υψηλών και μέγιστων διακυμάνσεων συμβαίνει στη περιοχή που οριοθετείται από τις νήσους Θάσο, Λήμνο και Σαμοθράκη. Στην εν λόγω περιοχή, η γενική επιφανειακή κυκλοφορία, κατά τη διάρκεια του έτους, επηρεάζεται από τα εισρεόμενα νερά της Μαύρης Θάλασσας καθώς και από τους μόνιμους ή εποχικούς σχηματισμούς που απαντώνται στο βόρειο τμήμα της λεκάνης. Η περιοχή με τη μέγιστη διακύμανση βόρεια του στενού των Δαρδανελίων, χαρακτηρίζεται επίσης από τον άξονα κίνησης των νερών της Μαύρης Θάλασσας, κυρίως τους χειμερινούς μήνες. Στη περιοχή νοτιοδυτικά ν. Λήμνου, οι υψηλές τιμές διακύμανσης οφείλονται στη γενική κυκλοφορία που επηρεάζεται ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες από τα εισρεόμενα νερά της Μαύρης Θάλασσας (νότιος κλάδος με κατεύθυνση νότια-νοτιοδυτική). Επίσης στη Χερσόνησο της Χαλκιδικής, η υψηλή διακύμανση οφείλεται σε αντικυκλωνικό σχηματισμό (μέγιστες τιμές τον Ιούλιο και ελάχιστες τους χειμερινούς μήνες). Οι υπόλοιπες περιοχές, με ελάχιστες ή μικρές τιμές διακύμανσης, χαρακτηρίζονται γενικά από σταθερές καταστάσεις που δεν μεταβάλλονται εποχικά, παρά την εισροή των νερών της Μαύρης Θάλασσας από τα Δαρδανέλια.

V. ΣΥΝΟΨΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 Γενικά Συμπεράσματα

Τα γενικά συμπεράσματα, που προέκυψαν λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα εφαρμογής του αριθμητικού μοντέλου (μηνιαία και ετήσιας βάσης) και τα ειδικά συμπεράσματα που εξήχθησαν, συνοψίζονται στα εξής:

- α. Οι μέγιστες τιμές για τα μεγέθη των αποστάσεων («Απόσταση» και «Συνολική Απόσταση») παρουσιάζονται σε περιπτώσεις όπου η ροή του ρεύματος που παρασύρει το αντικείμενο (drift) είναι ταυτόχρονα έντονη και εμφανίζει μικρές διακυμάνσεις. Αντίθετα, οι μέγιστες τιμές για τα μεγέθη των διασπορών θέσεως («Διασπορά» και «Τελική Διασπορά») παρουσιάζονται γενικά σε περιοχές με έντονη χωρική ή /και χρονική διακύμανση (π.χ Δαρδανέλια, ν. Σαμοθράκη, ν. Λήμνος).
- β. Η λεκάνη του Βορείου Αιγαίου δύναται να διακριθεί ως προς τον άξονα Ανατολή – Δύση σε δύο περιοχές: α) δυτικά του νοητού μεσημβρινού 24.6°E όπου δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερες διακυμάνσεις σε κανένα από τα εξεταζόμενα μεγέθη και συνεπώς η εποχικότητα διαφόρων σχηματισμών ή η εποχικότητα παροχής των υδάτων Μαύρης Θάλασσας (BSW) δεν παίζουν σημαντικό ρόλο, β) ανατολικά του νοητού μεσημβρινού 24.6°E όπου η επίδραση της εποχικότητας παροχής των υδάτων Μαύρης Θάλασσας (BSW) καθώς και άλλων σχηματισμών (αντικυκλώνας Σαμοθράκης) είναι πολύ σημαντική και παίζει ουσιαστικό ρόλο τόσο στο πεδίο των αποστάσεων διαδρομής και μεταξύ αρχικής και τελικής θέσης όσο και στη διασπορά των εκτιμώμενων θέσεων πέριξ της διαδρομής ή της τελικής διασποράς πέριξ της τελευταίας θέσης του παρασυρόμενου αντικειμένου.
- γ. Ο ρυθμός εισροής των υδάτων Μαύρης Θάλασσας (BSW) μέσω των στενών των Δαρδανελίων αποτελεί ουσιαστικό παράγοντα στον καθορισμό μεγάλων τιμών των εξεταζόμενων μεγεθών. Έτσι, η αύξησή του (η οποία οδηγεί σε εντονότερη επιφανειακή κυκλοφορία) έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση των τιμών τόσο των αποστάσεων, όσο και των διασπορών. Ειδικά τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο, όπου υφίσταται η μέγιστη ποσοτικά εισροή, εμφανίζονται τιμές για όλα τα μεγέθη οι οποίες κατατάσσονται στην πρώτη τριάδα υψηλότερων τιμών όσον αφορά στον ετήσιο κύκλο αυτών.
- δ. Παρά την έντονη χωροχρονική διακύμανση των μεγεθών στην είσοδο των στενών των Δαρδανελίων, οι μετρήσεις δεν ερμηνεύουν πλήρως την πραγματικότητα. Η εν λόγω «αστοχία» του μοντέλου οφείλεται στην επιλογή της θέσης του αρχικού σημείου. Γενικά, η θέση του αρχικού σημείου είναι πολύ δύσκολο να επικεντρωθεί στην ροή εξόδου των BSW. Συνεπώς, για μερικούς μήνες, τα σημεία (grid) που επιλέχθηκαν είναι εκτός αυτής της βασικής ροής (κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες) οπότε εμφανίζεται αβεβαιότητα στο πεδίο των επιφανειακών ταχυτήτων. Η αβεβαιότητα αυτή οδηγεί σε σφάλμα υπολογισμού ταχυτήτων και κατ' επέκταση σε μη ασφαλή αποτελέσματα για τη συγκεκριμένη περιοχή.
- ε. Ο μέγιστος χρόνος επιβίωσης ενός ανθρώπου στη θάλασσα για τη περιοχή του Βορείου Αιγαίου κυμαίνεται από 2.54 ώρες (Μάρτιος) έως περίπου 19 ώρες (Αύγουστος). Συνεπώς το χρονικό διάστημα αντίδρασης σε περίπτωση έρευνας – διάσωσης, για τη συγκεκριμένη περιοχή, είναι ιδιαίτερα μικρό, αν κάποιος αναλογιστεί και την αμεσότητα ή μη της πληροφόρησης των αρχών όσον αφορά στο προς διάσωση άτομο.

5.2 Προτάσεις

- α. Το μοντέλο Έρευνας – Διάσωσης στη παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη της επίδρασης μόνο των ταχυτήτων του επιφανειακού στρώματος στη παρασυρόμενη κίνηση επιπλέοντος αντικειμένου. Η εξέλιξή του, με την εισαγωγή της επίδρασης του ανέμου (leeway) και του κύματος (stokes drift), σίγουρα θα διέυρυνε τον αριθμό του είδους των παρασυρόμενων αντικειμένων που θα μπορούσαν να εξεταστούν (π.χ πλωτά σκάφη, άνθρωπος με στολή επιβίωσης, σωστικές λέμβοι κ.α).
- β. Η συνεχής παρακολούθηση των διακυμάνσεων στα ατμοσφαιρικά και θαλάσσια χαρακτηριστικά του Βορείου Αιγαίου, καθώς και η περαιτέρω διερεύνηση της δυναμικής της περιοχής, είτε με επιτόπιες παρατηρήσεις, είτε με μεθόδους αριθμητικών μοντέλων εκτιμάται ότι θα προσφέρουν περισσότερη ακρίβεια στις μετρήσεις των εξεταζόμενων μεγεθών και θα προσδώσουν περισσότερα πληροφοριών που ο εκάστοτε συντονιστής μιας επιχείρησης έρευνας – διάσωσης θα μπορεί να εκμεταλλευτεί.
- γ. Από τη παρούσα μελέτη έγινε φανερή η ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης της δυναμικής της περιοχής όσον αφορά στα εξεταζόμενα μεγέθη προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια τιμών. Συνεπώς, η αύξηση του πλήθους των υπολογισμών, δηλαδή η αύξηση των υπό εξέταση ημερών ανά μήνα και η καλύτερη διακριτοποίηση της εξεταζόμενης περιοχής, δηλαδή απόσταση μεταξύ σημείων μικρότερη από 0.25° (άρα πιο πυκνό πλέγμα σημείων) εκτιμάται ότι θα προσδώσει την απαιτούμενη ακρίβεια για πλήρη εκμετάλλευση του μοντέλου σε επιχείρηση Έρευνας - Διάσωσης.
- δ. Λαμβάνοντας υπόψη το περιορισμένο χρόνο αντίδρασης, λόγω κυρίως θερμοκρασιών θαλάσσης, εκτιμάται ότι οι ακριβέστερες μετρήσεις μπορούν εν συνεχεία να οδηγήσουν σε σύνταξη πιο λεπτομερών κανόνων για την οριοθέτηση και διεξαγωγή της έρευνας που θα αφορούν σε προκαθορισμένες πλέον γεωγραφικές περιοχές, αναλόγως εποχής και υποπεριοχής εμφάνισης του εκάστοτε συμβάντος.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Allen A., Robe R, Morton E., 1999. The leeway of Persons - In - Water and Three Small Crafts, Final Report prepared for U.S Department of Transportation U.S Coast Guard Operation (G-O) Washington – Report No CG-D-09-00.
2. Allen A.A, Plourde J.V, 1999. Review of leeway: Field experiments and implementation. Technical Report CG-D-08-99, US Coast Guard Research and Development Center, Groton, CT ,USA.
3. Allen A.A, 2005. Leeway Divergence. Final Report prepared for U.S Department of Homeland Security, U.S Coast Guard Operations Washington, Report No CG-D-05-05.
4. Barbopoulos K.A, Kourafalou V.H, Krestenitis Y.N, 2000. Three dimensional numerical modelling of the North Aegean Sea circulation. Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας.
5. Breivik O., Allen A., 2005. An operational Monte Carlo SAR Model. Norwegian Meteorological Institute
6. Carniel S, Umgiesser G, Sclavo M, Kantha L.H, Monti S, 2002. Tracking the drift of a human body in the coastal ocean using numerical prediction models of the oceanic, atmospheric and wave conditions. Science & Justice 2002 (42) ,pp 143-151.
7. Fitzgerald R.B, Finlayson D.J, Cross J.F, Allen A.,1993. Drift of Common Search and Rescue Objects – Phase II. Contract report prepared for Transportation Development Centre, Transport Canada, Montreal, TP 11673E.
8. Georgopoulos D., 2001. Water masses and dynamic structure in the Aegean. PhD Thesis, University of Patras, Greece, unpublished, 310.

9. Hacket B., Breivik O., Wettre C., 2006. Forecasting the drift of objects and substances in the ocean, Ocean Weather Forecasting Chapter 23, ed. Springer.
10. Howard E, Oakley N, 2000. The U.K National Immersion Incident Survey. Head of Survival and Thermal Medicine – Institute of Naval Medicine, Alverstoke U.K.
11. JCS, U.S.A, 1991. National Search and Rescue Manual Vol I, Joint Pub 3-50, COMDTINST M16120.5A.
12. Kanarska Y., Maderich V., 2004. Laboratory and numerical modeling of exchange flows. Proc. of XXI ICTAM congress, Warsaw, Poland –August 2004.
13. Keatinge W.R, 1984. Hypothermia at sea. Med Sci Law 24(3): 160-162.
14. Korres G., Laskaratos A., Hatziapostolou E., Katsafados P., 2002. Towards an ocean forecasting system for the Aegean Sea. The Global Atmosphere and Ocean System 8, 2-3, 173-200.
15. Kourafalou V.H, Barbopoulos K.A, 2003. High - resolution simulations on the North Aegean Sea seasonal circulation. Ann. Geophys. 21,251-265.
16. Kourafalou V.H, Tsiaras K., Olson D., Johns B. Papadopoulos A., Kontoyiannis H., Zervakis V., 2006. North Aegean Circulation: Results from a drifter array and model simulations. Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας.
17. National Search and Rescue Council, 2006. Australian National Search and Rescue Manual, -Version 0601, 30 November 2006- ed. AMSA.
18. Nittis K., Lascaratos A, Theocharis A., 2003. Dense water formation in the Aegean Sea: Numerical simulations during the Eastern Mediterranean Transient. Journal of Geophysical Research 108 (C9), 8120.
19. Nittis K., Perivoliotis L., 2002. Circulation and hydrological characteristics of the North Aegean Sea: a contribution from real-time buoy measurements. Mediterranean Marine Science, V.3/1, 21-31.
20. Oguz T, Sur I.H, 1989. A two-layer model of water exchange through the Dardanelles Strait, Oceanol. Acta, 12(1), 23-31.
21. Press W.H, Flannery B.P, Teukolsky S.A, Vetterling W.T, 1993. Numerical Recipes in C. Cambridge University Press, Cambridge.
22. Pugh L.G.C., 1967. Cold stress and muscular exercise, with special reference to accidental hypothermia. Brit. Med, J. 2: 333-337.
23. Richardson H.R, 1986. Search Theory. Center for Naval Analyses (CNA) U.S Virginia –Professional Paper 449- April 1986.
24. Risley W.C, Leger G.T, Patterson A., 1998. An air deployable buoy for search and rescue operations. Defence Research Establishment Atlantic, Nova Scotia Canada.
25. Sofianos S., Skliris N., Vervatis V., Olson D. Kourafalou V., Laskaratos A., Johns W., 2005. On the forcing mechanisms of the Aegean Sea surface circulation. Geophysical Research Abstracts 7, 04223
26. Sofianos S., Theocharis A., Vervatis V., 2006. Profiling float observations in the Aegean Sea. Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας.
27. SoHelME, 2005. State of the Hellenic Marine Environment, HCMR Publication 360.
28. Theocharis A, Balopoulos E., Kioroglou S., Kontoyiannis H., Iona A., 1999. A synthesis of the circulation and hydrography of the South Aegean sea and the Straits of the Cretan Arc (March 1994 – January 1995). In Balopoulos E., Collins M.B (Ed.), Insight into the Hydrodynamics and Biogeochemistry of the S. Aegean, E. Mediterranean: The Pelagos (EU) project. Prog. Oceanography vol 44(4), 469-509.
29. Thompson R.L, Hayward J.S, 1996. Wet – cold exposure and hypothermia: thermal and metabolic responses to prolonged exercise in rain. J. Appl. Physiol. 81(3): 1128-1137.
30. Velaoras D., Lascaratos A., 2005. Deep water mass characteristics and interannual variability in the North and Central Aegean Sea. Journal of Marine Systems 53, 59-85.
31. Wu P, Haines K, 1998. The general circulation of the Mediterranean Sea from a 100-year simulation. Journal of Geophysical Research, V103-C1, 1121-1136.

32. Yan L., Jinsong B., Xiaofeng H., Ye J., 2009. A heuristic project scheduling approach for quick response to maritime disaster rescue, *International Journal of Project Management* 27 (2009) 620-628.
33. Zervakis V., Georgopoulos D., Drakopoulos P.G, 2000. The role of the North Aegean Sea in triggering the recent Eastern Mediterranean climatic changes. *Journal of Geophysical Research* 105(C11),26103 – 26116.
34. Zervakis V., Georgopoulos D., Drakopoulos P.G, 2002. Hydrology and circulation in the North Aegean (Eastern Mediterranean) throughout 1997 – 1998. *Mediterranean Marine Sciences* 3, 7-21.
35. Zervakis V., Tragou E., Maderich V., Papadopoulos A., Georgopoulos D., 2003. On the thermohaline engine of the Aegean Sea. *Geophysical Research Abstracts* 5, 03591.
36. Zodiatis G., 1994. Advection of the Black Sea water in the North Aegean Sea. *The Global Atmosphere and Ocean System* 2, 41-60.

Συστήματα Απεικόνισης Ηλεκτρονικού Χάρτη και Πληροφοριών Πολεμικών Πλοίων - WECDIS

Δρίβας Αθανάσιος, Πλωτάρχης Π.Ν . Μ.Sc./Ε.Ε

Σχολή Ναυτικών Δοκίμων, Τομέας Συστημάτων Μάχης, Ναυτικών Επιχειρήσεων, Θαλάσσιων Επιστημών, Ναυτιλίας, Ηλεκτρονικών και Τηλεπικοινωνιών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ. Στο άρθρο αυτό παρουσιάζονται οι δυνατότητες των συστημάτων WECDIS για την υποστήριξη της επιχειρησιακής αποτελεσματικότητας των Πολεμικών Πλοίων. Στην εισαγωγή δίδεται έμφαση στα χαρακτηριστικά και τις ψηφιακές γεωγραφικές πληροφορίες που διαχειρίζονται τα συστήματα WECDIS, ενώ στο πρώτο μέρος παρουσιάζονται οι επιχειρησιακές τους δυνατότητες και η αποτελεσματικότητα τους στη διεξαγωγή Ναυτικών Επιχειρήσεων. Στο δεύτερο μέρος γίνεται αναφορά στα Επιπρόσθετα Στρατιωτικά Γεωχωρικά Δεδομένα - Additional Military Layers (AML) που χρησιμοποιούνται από τα συστήματα WECDIS και στο τρίτο μέρος δίδονται παραδείγματα συστημάτων WECDIS που έχουν υιοθετήσει Πολεμικά Ναυτικά χωρών μελών του NATO. Στο τελευταίο μέρος γίνεται αναφορά στο κόστος της προμήθειας του εξοπλισμού, της εγκατάστασης και χρήσης των συστημάτων WECDIS.

WARSHIP ELECTRONIC CHART DISPLAY and INFORMATION SYSTEM - WECDIS

Drivas Athanasios, Lt Cdr H.N. M.Sc./E.E

Hellenic Naval Academy, Section of Combat Systems, Naval Operations, Sea Sciences, Navigation, Electronics and Communications

Abstract. This paper presents the potential of Warship Electronic Chart Display and Information Systems (WECDIS) to support the operational effectiveness of warships. The introduction emphasizes on the characteristics and digital geographic information managed by WECDIS systems, while the first part presents categories of WECDIS systems and their contribution to Naval Operations. The second part focuses on the Military Geospatial Data known as Additional Military Layers (AML) utilized by WECDIS. Moreover on the third part, we present and analyze WECDIS systems utilized by various NATO member Navies and on the last part we focus on the cost of acquisition, installation and maintenance of WECDIS systems.

Keywords: WECDIS,ECDIS,CNI,ANI,AML,GIS,STANAG,ECPINS-M.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα Συστήματα Απεικόνισης Ηλεκτρονικού Χάρτη και Πληροφοριών Πολεμικών Πλοίων γνωστά ως “Συστήματα WECDIS” (Warship Electronic Chart Display and Information Systems), είναι μία εξελιγμένη μορφή Συστημάτων Απεικόνισης Ηλεκτρονικού Χάρτη και Πληροφοριών ECDIS (Electronic Chart Display and Information Systems), η οποία συνδυάζει σε ένα σύστημα τις ναυτιλιακές λειτουργίες των συστημάτων ECDIS (Ασφάλεια Ναυσιπλοΐας) και μέρος των πληροφοριών του Κέντρου Επιχειρήσεων ενός σύγχρονου Πολεμικού Πλοίου. Οι κύριες λειτουργίες των WECDIS καθορίζονται από κάθε χώρα σύμφωνα με τις δικές της εθνικές ανάγκες. Εν τούτοις ο Οργανισμός Βορειοατλαντικού Συμφώνου – NATO (North Atlantic Treaty Organization) για την υποβοήθηση των διαφόρων κρατών στην ανάπτυξη/προμήθεια συστημάτων WECDIS, αλλά και για την εξασφάλιση της απαιτούμενης διαλειτουργικότητας μεταξύ των Πολεμικών Πλοίων των κρατών μελών, έχει εκδώσει τη Συμφωνία Τυποποίησης “STANAG 4564 - Standard for Warship Electronic Chart Display and Information System (WECDIS)” [1], στη οποία καθορίζονται: i) Οι Βασικές (υποχρεωτικές) Επιχειρησιακές Δυνατότητες ενός απλού συστήματος WECDIS ii) Οι επιπρόσθετες (συνιστώμενες) Επιχειρησιακές Δυνατότητες ενός συστήματος WECDIS.

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των WECDIS αποτελεί η ικανότητά τους να επεξεργάζονται ψηφιακά Γεωχωρικά (Geospatial) δεδομένα γνωστά ως Επιπρόσθετα Στρατιωτικά Γεωχωρικά Δεδομένα (ΕΣΓΔ) (Additional Military Layers-AML), τα οποία στη βιβλιογραφία αναφέρονται και ως Επιπρόσθετα Στρατιωτικά Επιθέματα. Τα AML εκδίδονται κυρίως από επίσημες κρατικές υπηρεσίες όπως π.χ. Υδρογραφικές Υπηρεσίες των χωρών μελών του NATO [1] και η χρήση τους από τα συστήματα WECDIS συμβάλλει σημαντικά στην υποστήριξη των Ναυτικών Επιχειρήσεων, επηρεάζοντας τη διαδικασία λήψης απόφασης σε τακτικό και επιχειρησιακό επίπεδο.

Τα συστήματα WECDIS συνδυάζουν σε ένα σύστημα τις ναυτιλιακές λειτουργίες των συστημάτων ECDIS (Ασφάλεια Ναυσιπλοΐας) και μέρος των λειτουργιών του Κέντρου Επιχειρήσεων ενός σύγχρονου Πολεμικού Πλοίου. Διασυνδέονται με το τακτικό σύστημα του Πολεμικού Πλοίου και η πλήρη διαμόρφωσή τους περιλαμβάνει το κύριο σύστημα WECDIS που εγκαθίσταται στη Γέφυρα και το εναλλακτικό στο κέντρο επιχειρήσεων.

Η αυτοματοποιημένη συλλογή, επεξεργασία και απεικόνιση των ναυτιλιακών/τακτικών πληροφοριών στο σύστημα WECDIS στη γέφυρα του Πολεμικού Πλοίου συνδράμει στην ασφάλεια της Ναυσιπλοΐας και επιτρέπει στον Αξιωματικό Ναυτιλίας Κατεύθυνσης που εκτελεί καθήκοντα Αξιωματικού Φυλακής εν πλω να [2] :

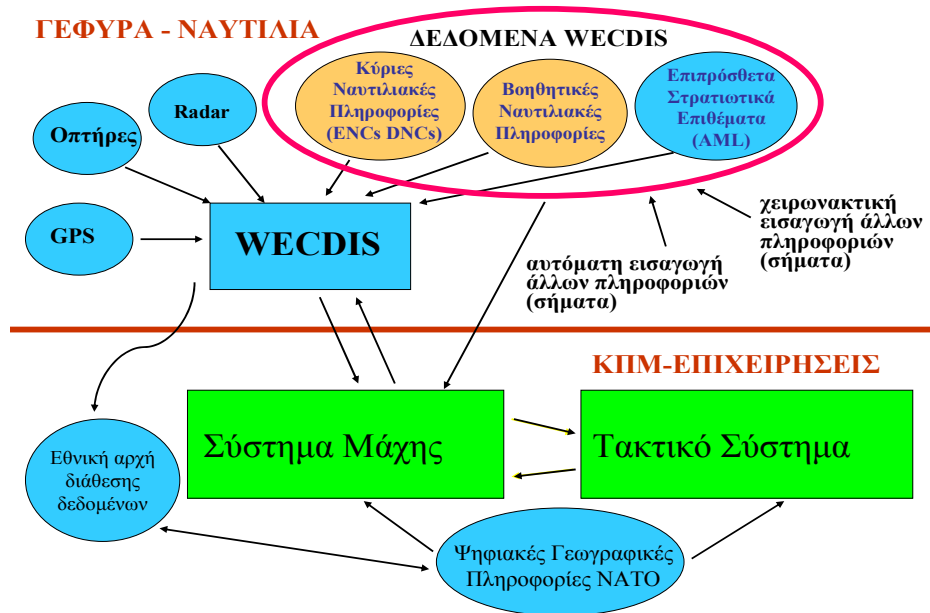
- Κατανοήσει/Εκτιμήσει άμεσα τη ναυτιλιακή και την επιχειρησιακή κατάσταση (navigational-situation awareness).
- Αναβαθμίσει ποιοτικά την ορθότητα των αποφάσεων που θα λάβει.
- Επισπεύσει χρονικά τη διαδικασία λήψης απόφασης.
- Υποστηρίξει αποτελεσματικότερα τη διαχείριση των οπλικών συστημάτων του πλοίου.

Η διασύνδεση και αμφίδρομη επικοινωνία του συστήματος WECDIS με το τακτικό σύστημα του Πολεμικού Πλοίου κρίνεται αναγκαία, καθιστώντας δυνατά τα ακόλουθα [3]:

- Άμεση αποστολή προς το κέντρο επιχειρήσεων όλων των απαραίτητων για την υποστήριξη των ναυτικών επιχειρήσεων, στοιχείων και πληροφοριών.
- Παροχή ολοκληρωμένης επιχειρησιακής εικόνας στον Κυβερνήτη του Πολεμικού Πλοίου (στο χώρο της γέφυρας) συνδυάζοντας τις ναυτιλιακές πληροφορίες της γέφυρας με τις επιχειρησιακές πληροφορίες του κέντρου επιχειρήσεων.
- Μετάδοση ολοκληρωμένης επιχειρησιακής εικόνας στον επιχειρησιακό Διοικητή και τα λοιπά πολεμικά πλοία και εναέρια μέσα (Οργανικά Ελικόπτερα) μέσω συστημάτων ανταλλαγής ψηφιακών δεδομένων.

- Ανταλλαγή άμεσα αξιοποιήσιμων τακτικών δεδομένων και πληροφοριών μεταξύ ναυτικών μονάδων (διαλειτουργικότητα).
- Πληρέστερη επιχειρησιακή υποστήριξη του επιβαίνοντος επιτελείου Διοικητού εν πλω.

Στο σχήμα 1, παρουσιάζονται οι βασικές λειτουργίες ενός τυπικού συστήματος WECDIS.



ΣΧΗΜΑ 1. Βασικές Λειτουργίες Τυπικού Συστήματος WECDIS [3]

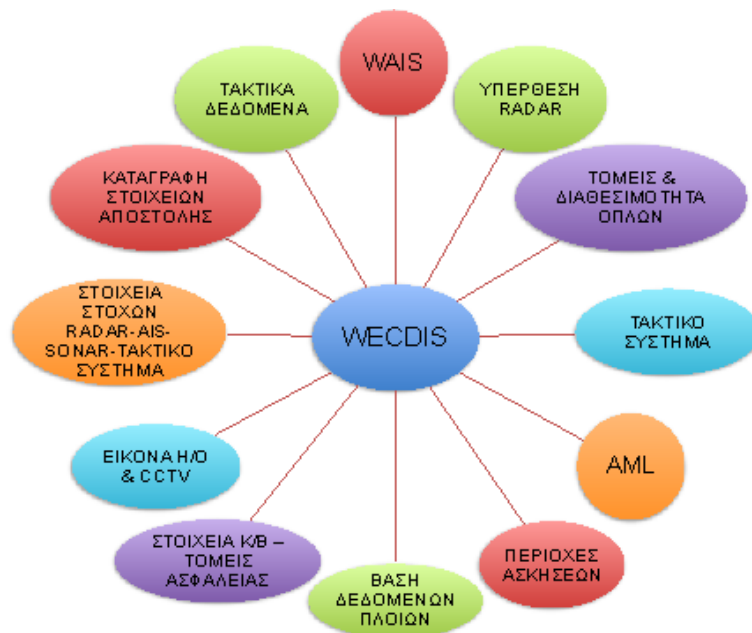
Η ακριβής σύνθεση ενός συστήματος WECDIS, το ενδεχόμενο διασυνδέσεως των συστημάτων WECDIS με άλλα συστήματα, καθώς και τα είδη των AML δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν καθορίζονται σε Εθνικό επίπεδο (ανάλογα με τις ειδικές επιχειρησιακές απαιτήσεις κάθε Πολεμικού Ναυτικού).

Η NATO STANAG 4564 Ed.2 καθορίζει τα είδη των ψηφιακών δεδομένων που χρησιμοποιούνται στα WECDIS, γνωστά ως WECDIS Data Products (WDP), τα οποία είναι καθορισμένες ομάδες δεδομένων που περιέχουν όλες τις συσχετιζόμενες πληροφορίες για την υποστήριξη των λειτουργιών των WECDIS [1]. Οι κατηγορίες ψηφιακών δεδομένων WDP είναι οι ακόλουθες [3]:

- α. **Κύριες Ναυτιλιακές Πληροφορίες, Core Navigational Information - CNI:** Περιλαμβάνουν όλα τα αναγκαία ψηφιακά δεδομένα σε διανυσματική μορφή (vector) που απαιτούνται για την διεξαγωγή ασφαλούς Ναυσιπλοΐας. Στην ουσία οι CNI πληροφορίες είναι οι Ηλεκτρονικοί Ναυτιλιακοί Χάρτες- Electronic Navigational Charts (ENCs) ή/και οι Ψηφιακοί Ναυτικοί Χάρτες - Digital Nautical Chart (DNCs) [30].
- β. **Βοηθητικές Ναυτιλιακές Πληροφορίες, Auxiliary Navigation Information-ANI:** Περιλαμβάνουν όλα τα αναγκαία ψηφιακά δεδομένα που απαιτούνται για την διεξαγωγή ασφαλούς Ναυσιπλοΐας με το χαρακτηριστικό ότι μπορεί να χρησιμοποιηθούν σαν εφεδρικές των CNI πληροφοριών ή σε καταστάσεις όπου δεν είναι διαθέσιμες CNI πληροφορίες. Ουσιαστικά οι ANI πληροφορίες είναι άλλοι ηλεκτρονικοί χάρτες διανυσματικής ή ψηφιδωτής μορφής, όπως π.χ. Admiralty Raster Chart Service (ARCS) [31].
- γ. **Επιπρόσθετα Στρατιωτικά Γεωχωρικά Δεδομένα-AML:** Πρόκειται για προϊόντα ψηφιακών αρχείων Γεωχωρικών (Geospatial) πληροφοριών που κατασκευάζονται ειδικά για την υποστήριξη των ναυτικών επιχειρήσεων (Ανθυποβρυχιακού Πολέμου, Ναρκοπολέμου, Αμφίβιου Πολέμου κλπ.) και συμπληρώνουν τις πληροφορίες CNI και ANI.

Τα WECDIS πρέπει υποχρεωτικά να μετατρέπουν τις συντεταγμένες θέσης (φ,λ) στο Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα 1984 (WGS 84) και να είναι πρωτίστως ικανά να παρουσιάζουν όλες τις πληροφορίες CNI και όταν δεν είναι διαθέσιμες, τις πληροφορίες ANI [1].

Στο σχήμα 2, παρουσιάζονται οι λειτουργικές διασυνδέσεις ενός σύγχρονου συστήματος WECDIS (Εξελιγμένων Επιχειρησιακών Δυνατοτήτων) όπου διακρίνεται η ανταλλαγή στοιχείων του τακτικού συστήματος Combat Management System (CMS) του Πολεμικού Πλοίου με το σύστημα WECDIS και η καταγραφή στοιχείων της αποστολής (data mission recorder) για λόγους απενημέρωσης (debriefing) και εξαγωγής συμπερασμάτων. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα κονσόλας σύγχρονου συστήματος WECDIS που έχει εγκατασταθεί σε πολεμικό πλοίο του Βρετανικού ΠΝ, απεικονίζεται στο σχήμα 3 [8].



ΣΧΗΜΑ 2. Λειτουργικές Διασυνδέσεις Σύγχρονου Συστήματος WECDIS



ΣΧΗΜΑ 3. Κονσόλα Συστήματος WECDIS σε Πλοίο Βρετανικού Π.Ν [8]

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ WECDIS

Σύμφωνα με τη Συμφωνία Τυποποίησης NATO STANAG 4564 οι επιχειρησιακές δυνατότητες των συστημάτων WECDIS καθορίζονται ανάλογα με τις εθνικές ανάγκες κάθε χώρας. Οι δυνατότητες αυτές κατατάσσονται στις επόμενες τρεις κατηγορίες:

α. Βασικές Επιχειρησιακές Δυνατότητες: Απλά αυτόνομα συστήματα WECDIS, τα οποία καλύπτουν όλες τις βασικές ναυτιλιακές απαιτήσεις των ECDIS και προαιρετικές λειτουργίες όπως π.χ. διασύνδεση με RADAR/ARPA (Automatic Radar Plotting Aid), σύστημα Αυτόματης Αναγνώρισης Πλοίων (Automatic identification systems-AIS) & σύστημα Navigational Telex (NAVTEX), παροχή στοιχείων καιρού και παλίρροιας, υποτύπωση επικίνδυνων περιοχών για την Ναυσιπλοΐα, διασύνδεση με συστήματα GMDSS & INMARSAT κλπ. Παρέχουν βασικές επιχειρησιακές λειτουργίες όπως η παρουσίαση στοιχείων Αυτόματης Αναγνώρισης Πολεμικών Πλοίων (Warship Automatic Identification System-WAIS), η υποτύπωση με ακρίβεια περιοχών Ασκήσεων-Επιχειρήσεων και η παρουσίαση επιχειρησιακών στοιχείων σε συνδυασμό με απεικόνιση της θέσης του πλοίου σε πραγματικό χρόνο σε ηλεκτρονικό χάρτη ENC.

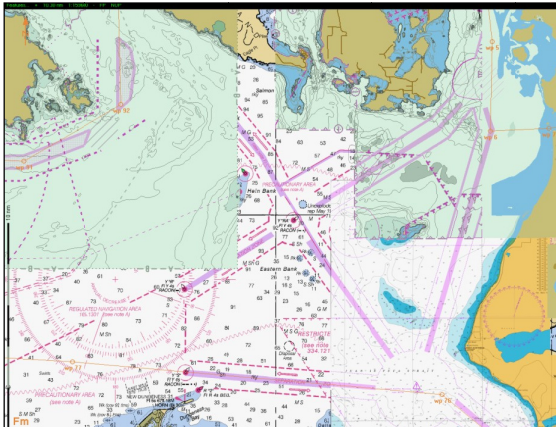
β. Επιπρόσθετες Επιχειρησιακές Δυνατότητες: Συστήματα WECDIS για την υποστήριξη εξειδικευμένων Ναυτικών Επιχειρήσεων. Τροφοδοτούνται με ευρύ φάσμα ψηφιακών δεδομένων, παρέχοντας εξειδικευμένες λειτουργίες για την υποστήριξη των επιχειρησιακών αναγκών, αποστολών κάθε τύπου Πολεμικών Πλοίων (Εξειδικευμένες λειτουργίες WECDIS για την υποστήριξη Αμφίβιων Επιχειρήσεων, Επιχειρήσεων Ναρκοπολέμου αλλά και υποστήριξη Υ/Β με τρισδιάστατη απεικόνιση θαλάσσιου χώρου προς υποβοήθηση της Ναυσιπλοΐας, την παρουσίαση σε Φ/Γ των τομέων προσνήωσης Ε/Π και τομέων όπλων κ.λ.π.). Έχουν τη δυνατότητα να διασυνδέονται με τακτικά συστήματα διαχείρισης πληροφοριών-αισθητήρων-όπλων.

γ. Εξελιγμένες Επιχειρησιακές Δυνατότητες: Συστήματα WECDIS ευρύτερων δυνατοτήτων, με δυνατότητα τροφοδότησης με ευρύ φάσμα ψηφιακών δεδομένων και εκμετάλλευσης προϊόντων Γεωχωρικών Πληροφοριών για την υποστήριξη Διακλαδικών Επιχειρήσεων. Χρησιμοποιούνται από τεχνολογικά εξελιγμένα Πολεμικά Ναυτικά χωρών (ΗΠΑ-ΓΑΛΛΙΑ) που έχουν δυνατότητες προβολής ναυτικής ισχύος στην ξηρά με χρήση κατάλληλων στρατηγικού τύπου πυραύλων μεγάλου βεληνεκούς τ. TOMAHAWK και τ. SCALP NAVAL.

Οι κυριότερες Βασικές Επιχειρησιακές Δυνατότητες ενός συστήματος WECDIS είναι οι ακόλουθες:

- Σχεδίαση πλου και αυτόματου υπολογισμού: της συνολικής απόστασης πλου, του χρόνου άφιξης σε συγκεκριμένο σημείο πλου ανάλογα με τη ταχύτητα προχωρήσεως, της απαιτούμενης ταχύτητας για άφιξη σε συγκεκριμένο σημείο (σημεία) πλου σε καθορισμένο χρόνο, της απαιτούμενης ταχύτητας και χρόνου για αναχαίτιση συγκεκριμένου στόχου επιφανείας.
- Ενιαία και συνεχής απεικόνιση στην οθόνη διαφόρων κατηγοριών ηλεκτρονικών χαρτών ανεξάρτητα από τον τύπο και την κλίμακά τους, όπως π.χ. χάρτες διανυσματικής μορφής ENCs, DNCs και χάρτες ψηφιδωτής μορφής ARCS (Σχήμα 4).[29],[31]
- Απεικόνιση τακτικών πληροφοριών όπως ναρκοπέδια, περιοχές πυρών επιφανείας, περιοχές ασκήσεων, αεροδιαδρόμους πολιτικών αεροσκαφών, περιοχές Περιορισμένων Περιοχών Καταδύσεων Υ/Β κ.λ.π. (Σχήμα 5).
- Καθορισμός ειδικών θεματικών επιπέδων χρήστη (user defined layers-UDL), για μελλοντική άμεση ανάκτηση και αξιοποίηση, όπως π.χ. διοπτεύσεις και αποστάσεις ασφαλείας από συγκεκριμένα σημεία, δημιουργία γραμμών θέσεως ασφαλείας (Limiting Danger Lines-LDL), σημεία στροφής (Wheel Over) και αποτελέσματα αναζητήσεως ειδικών πληροφοριών από AML δεδομένα.
- Απεικόνιση πληροφοριών τακτικής κατάστασης μέσω παρουσίασης συνθετικών στόχων αέρος, επιφανείας, υποεπιφανείας (Σχήμα 6).

- Παρουσίαση πληροφοριών WAIS στόχων επιφανείας (Πολεμικά Πλοία).



ΣΧΗΜΑ 4. Απεικόνιση Διαφορετικών Κατηγοριών Ηλεκτρονικών Χαρτών σε WECDIS [3]



ΣΧΗΜΑ 5. Απεικόνιση Τακτικών Πληροφοριών σε WECDIS [9]



ΣΧΗΜΑ 6. Απεικόνιση Πληροφοριών Τακτικής Κατάστασης σε WECDIS [3]

Οι κυριότερες Επιπρόσθετες Επιχειρησιακές Δυνατότητες ενός συστήματος WECDIS είναι οι ακόλουθες:

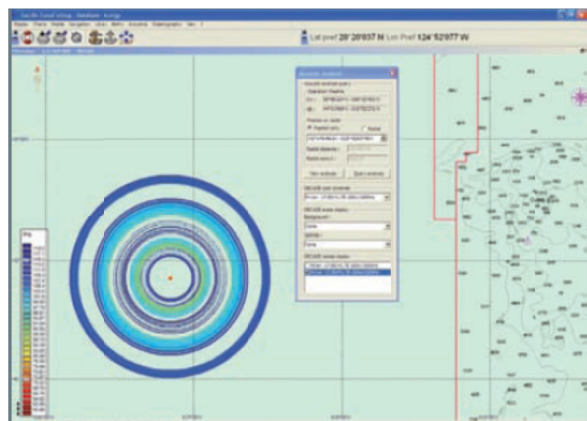
- Επιλεκτική αναζήτηση πληροφοριών από AML δεδομένα (π.χ. συνήθης διαδρομές Υποβρυχίων, θέσεις Ναρκών, Αεροδιαδρομοί Στρατιωτικών Αεροσκαφών κλπ).
- Απεικόνιση τομέων ασφαλής προσνήωσης ελικοπτέρου και τομέων όπλων Πολεμικών Πλοίων (Σχήμα 7).
- Σχεδιασμός δρομολογίου έρευνας σε επιχειρήσεις Έρευνας Διάσωσης - Search and Rescue (Σχήμα 8).
- Οπτική απεικόνιση πιθανότητας εντοπισμού Υ/Β από σύστημα SONAR Πολεμικού Πλοίου (Σχήμα 9).
- Απεικόνιση μορφολογίας θαλάσσιου βυθού και περιβάλλοντος κατά την διεξαγωγή επιχειρήσεων Ναρκοθηρίας – MCM (Σχήμα 10).
- Παρουσίαση στοιχείων ψευδοεπαφών Υ/Β.



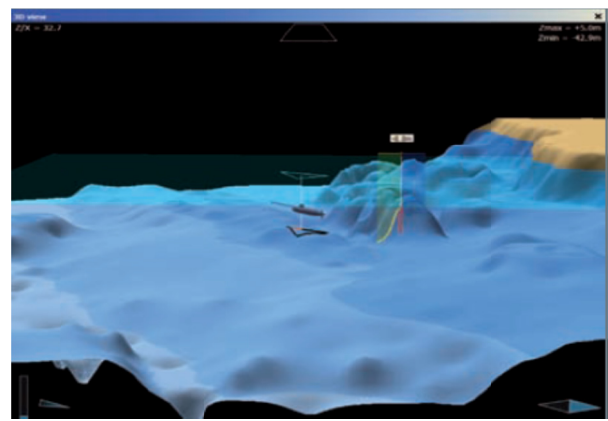
ΣΧΗΜΑ 7. Απεικόνιση Τομέων Προσνήωσης Ε/Π Όπλων σε WECDIS [3]



ΣΧΗΜΑ 8. Σχεδίαση Δρομολογίου SAR σε WECDIS [9]



ΣΧΗΜΑ 9. Απεικόνιση Πιθανότητας Εντοπισμού Υ/Β σε WECDIS [9]



ΣΧΗΜΑ 10. Απεικόνιση Μορφολογίας Θαλάσσιου Βυθού σε WECDIS [9]



ΣΧΗΜΑ 11. Εικόνα TV CAMERA σε WECDIS [15]

Οι κυριότερες Εξελιγμένες Επιχειρησιακές Δυνατότητες ενός συστήματος WECDIS είναι οι ακόλουθες:

- Παρουσίαση στοιχείων Κατευθυνόμενου Βλήματος (K/B) Επιφανείας (missile data) που περιλαμβάνει τους τομείς ασφαλείας εκτόξευσης K/B.
- Παρουσίαση εικόνας TV CAMERA για αναγνώριση στόχων επιφανείας και συσχέτισης τους με εικόνα video RADAR (Σχήμα 11).

Οι ανωτέρω δυνατότητες καθιστούν εμφανή τη συμβολή των συστημάτων WECDIS στη διεξαγωγή των Ναυτικών Επιχειρήσεων. Δεδομένου και της δυνατότητας επιλεκτικής παρουσίασης των Επιπρόσθετων Στρατιωτικών Γεωχωρικών Δεδομένων (AML), καθίσταται εμφανές το μέγεθος του τακτικού πλεονεκτήματος και της επιχειρησιακής αποτελεσματικότητας που επιτυγχάνεται.

ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΑ ΓΕΩΧΩΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ AML- ADDITIONAL MILITARY LAYERS

Τα συστήματα ECDIS και WECDIS χαρακτηρίζονται στην βιβλιογραφία ως «real time-εφαρμογές GIS σε θαλάσσιο περιβάλλον». Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των WECDIS αποτελεί η επιλεκτική ικανότητά τους να αφομοιώνουν, εκμεταλλεύονται και να παρουσιάζουν δεδομένα επιχειρησιακών Γεωχωρικών (Geospatial) πληροφοριών γνωστά ως Επιπρόσθετα Στρατιωτικά Γεωχωρικά Δεδομένα (Additional Military Layers-AML). Με τον όρο Γεωχωρικά Δεδομένα (Geospatial Data) σύμφωνα με το εγχειρίδιο του NATO AAP-6 (2010) ο όρος Geospatial αποδίδεται ως «Of or related to any entity whose position is referenced to the Earth» [32]. Επίσης σύμφωνα με τον Ελληνικό Νόμο υπ' αριθμό 3882/2010 περί Εθνικής Υποδομής Γεωχωρικών Πληροφοριών (ΦΕΚ 166, Α, 22-9-2010) εννοούμε «οποιαδήποτε δεδομένα αφορούν άμεσα ή έμμεσα σε συγκεκριμένη τοποθεσία ή γεωγραφική περιοχή» [33].

Η οδηγία τυποποίησης NATO STANAG 7170, καθόρισε την έννοια και περιέγραψε τα προϊόντα AML που δημιουργήθηκαν σε συντονισμό με την Υδρογραφική Υπηρεσία του Βρετανικού Ναυαρχείου-United Kingdom Hydrographic Office (UKHO) [4]. Ο σκοπός της εν λόγω οδηγίας, ήταν η ανάπτυξη εύρους προϊόντων ψηφιακών δεδομένων που θα ικανοποιούν τις αναγκαίες απαιτήσεις σε “μη ναυτιλιακές” Γεωχωρικές πληροφορίες, για την υποστήριξη των επιχειρησιακών αμυντικών απαιτήσεων κάθε χώρας μέλους του NATO [4].

Τα κράτη μέλη του NATO έχουν εγκρίνει εννέα προδιαγραφές προϊόντων AML, ενώ ένα ακόμα προϊόν βρίσκεται στο στάδιο προετοιμασίας.

Τα συγκεκριμένα είδη των προϊόντων AML, είναι τα ακόλουθα [5],[7]:

Προϊόντα AML διανυσματικής μορφής - Vector AML

- Βαθυμετρία με ισοβαθείς καμπύλες - Contour Line Bathymetry (CLB)
- Περιβάλλον, Θαλάσσιος Βυθός και Ακτές - Environment, Seabed and Beach (ESB)
- Μεγάλα Αντικείμενα Βυθού - Large Bottom Objects (LBO)
- Ιδρυτικές Ναυτιλιακές Πληροφορίες και Υπηρεσίες - Maritime Foundation and Facilities (MFF)
- Διαδρομές, Περιοχές και Όρια - Routes, Areas and Limits (RAL)
- Μικρά Αντικείμενα Βυθού Small Bottom Objects (SBO) (UKHO currently produces to V1.0)

Προϊόντα AML πεπλεγμένης μορφής - Gridded AML

- Ολοκληρωμένη Στήλη Ύδατος - Integrated Water Column (IWC)
- Ιζήματα, Περιβάλλον, Θαλάσσιος Βυθός και Ακτές Πεπλεγμένης Μορφής Gridded Sediment, Environment, Seabed and Beach (GS ESB)
- Δικτυακό Μοντέλο Βαθυμετρίας - Network Model Bathymetry (NMB)

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΧΩΡΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΩΝ
ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ AML [6]**

Χώρες NATO που υλοποιούν AML	Χώρες NATO που ενδιαφέρονται για AML	Χώρες εκτός NATO που υλοποιούν AML
ΚΑΝΑΔΑΣ	ΒΕΛΓΙΟ	ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ
ΔΑΝΙΑ	ΕΣΘΟΝΙΑ	ΦΙΛΑΝΔΙΑ
ΓΑΛΛΙΑ	ΠΟΡΤΟΓΑΛΙΑ	ΣΟΥΗΔΙΑ
ΕΛΛΑΔΑ	Η.Π.Α	
ΓΕΡΜΑΝΙΑ		
ΙΤΑΛΙΑ		
ΟΛΛΑΝΔΙΑ		
ΝΟΡΒΗΓΙΑ		
ΠΟΛΩΝΙΑ		
ΙΣΠΑΝΙΑ		
ΤΟΥΡΚΙΑ		
ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ		

Στην παρούσα φάση πολλές χώρες μέλη και μη του NATO, εφαρμόζουν τα AML και έχουν δυνατότητα παραγωγής ανάλογων προϊόντων (βλ. Πίνακα 1) [6].

Τα προϊόντα AML, χρησιμοποιούνται από διαφορετικούς τύπους Πολεμικών Πλοίων (Φρεγάτες, Υποβρύχια, Ναρκοθηρευτικά, Αρματαγωγά κ.λ.π.) για την κάλυψη ειδικών επιχειρησιακών απαιτήσεων οι οποίες καθορίζονται σε Εθνικό επίπεδο. Κάθε χώρα προγραμματίζει την παραγωγή των ψηφιακών αρχείων AML που προσαρμόζονται στο εκάστοτε εθνικό σύστημα WECDIS.

Τα κυριότερα προϊόντα AML που χρησιμοποιούνται για την διεξαγωγή Ναυτικών Επιχειρήσεων είναι τα ακόλουθα:

- Δίαυλοι Ασφαλούς Ναυσιπλοΐας
- Υποτύπωση χωρικών υδάτων, Υφαλοκρητίδας και Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης
- Αεροδιάδρομοι Πολιτικών και Στρατιωτικών Α/Φ
- Περιοχές Ασκήσεων και Πεδία Βολής
- Περιοχές Περιορισμένης Κατάδυσης Υ/Β και Περιοχές Απαγόρευσης Κατάδυσης Υ/Β
- Δεδομένα ανάλυσης παράκτιων περιοχών και χαρακτηριστικών ακτογραμμής για εκτέλεση επιχειρήσεων Ναυτικού Βομβαρδισμού
- Επικίνδυνες Περιοχές (ναρκοπέδια κ.λ.π.).
- Περιοχές Α/Υ ασκήσεων και Α/Υ δοκιμών [VDS/Towed array/Sub op areas].
- Αντικείμενα βυθού μεγάλων διαστάσεων - Large Bottom Objects (π.χ ναυάγια και λοιπά αντικείμενα ανάλογων διαστάσεων) με χρησιμότητα στις Ανθυποβρυχιακές και Αντιναρκικές επιχειρήσεις
- Αντικείμενα βυθού μικρών διαστάσεων - Small Bottom Objects (π.χ. νάρκες και λοιπά αντικείμενα ανάλογων διαστάσεων)
- Ωκεανογραφικές πληροφορίες (π.χ. μεταβολή θερμοκρασίας, ταχύτητας ήχου με το βάθος) με χρησιμότητα στις Ανθυποβρυχιακές επιχειρήσεις
- Βαθυμετρία Ισοβαθών Γραμμών (Contour Line Bathymetry – CLB)
- Τακτικές πληροφορίες Ναρκοπολέμου (περιοχές πόντισης ναρκών κ.λ.π.)

- Τακτικές πληροφορίες υποστήριξης Αμφίβιων-Αποβατικών επιχειρήσεων (υποτύπωση χαρακτηριστικών ακτογραμμών υποψήφιων για εκτέλεση αμφίβιας αποβατικής ενέργειας)

Εκτός από τα παραπάνω στοιχεία, οι αρμόδιες αρχές δύνανται να κατασκευάσουν τα παρακάτω προϊόντα AML που θα καλύπτουν επιπρόσθετες επιχειρησιακές ανάγκες:

- Υποτύπωση θέσεων Ναυτικών Παρατηρητηρίων και θεωρητική κάλυψη (εμβέλεια) των P/E τους
- Υποτύπωση θέσεων αγκιστρώσεων πλησίον ακτών φίλιων μονάδων επιφανείας (Φ/Γ-ΤΠΚ-Κ/Φ) και αναπαράσταση τομέων όπλων τους από τις θέσεις αγκιστρώσεως
- Υποτύπωση θέσεων συστοιχιών ξηράς Κ/Β με τους αντίστοιχους τομείς όπλων τους
- Τρισδιάστατη απεικόνιση μορφολογίας βυθού με έμφαση σε πιθανά σημεία δράσης Υ/Β
- Υποτύπωση Διαύλων Ασφαλής Ναυσιπλοΐας μετά την εκκαθάριση περιοχών από φίλια Ναρκοθηρευτικά ΝΘΗ

Η κατηγορία των ψηφιακών AML προϊόντων που θα αναπτύξει κάθε χώρα εξαρτάται από τις :

- Επιχειρησιακές της απαιτήσεις (π.χ δεν χρησιμοποιείται το AML ICE που αφορά στοιχεία για παγόβουνα, όταν τα πολεμικά πλοία δεν επιχειρούν σε περιοχές με παγόβουνα).
- Το υψηλό κόστος και τη χρονοβόρα διαδικασία ανάπτυξης εφαρμογών συστημάτων WECDIS και ψηφιακών AML προϊόντων, ενώ προτείνεται εκάστοτε χώρα να αξιολογεί ρεαλιστικά τις επιχειρησιακές της ανάγκες και να προωθεί τις επιλογές που θα της επιφέρουν το υψηλότερο επιχειρησιακό κέρδος με το χαμηλότερο κόστος.

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ WECDIS

Ακολούθως παρουσιάζονται ενδεικτικά παραδείγματα συστημάτων WECDIS που έχουν υιοθετήσει Πολεμικά Ναυτικά διαφόρων χωρών.

Σύστημα WECDIS Αμερικανικού Πολεμικού Ναυτικού

Το Αμερικανικό ΠΝ (US NAVY) έθεσε, στις 17 Μαρτίου 1998, τις ελάχιστες προδιαγραφές του συστήματος (Λογισμικού) ECDIS-N Electronic Charting Display and Information Systems – Navy. Η έκδοση “U.S. Navy Electronic Chart Display and Information System Policy” περιείχε τις ελάχιστες δυνατότητες και τα πρότυπα απόδοσης που έπρεπε το σύστημα ECDIS-N να ακολουθεί, χαράζοντας τον δρόμο για την μετάβαση του US NAVY από τους έντυπους χάρτες στο περιβάλλον των ηλεκτρονικών χαρτών [20].

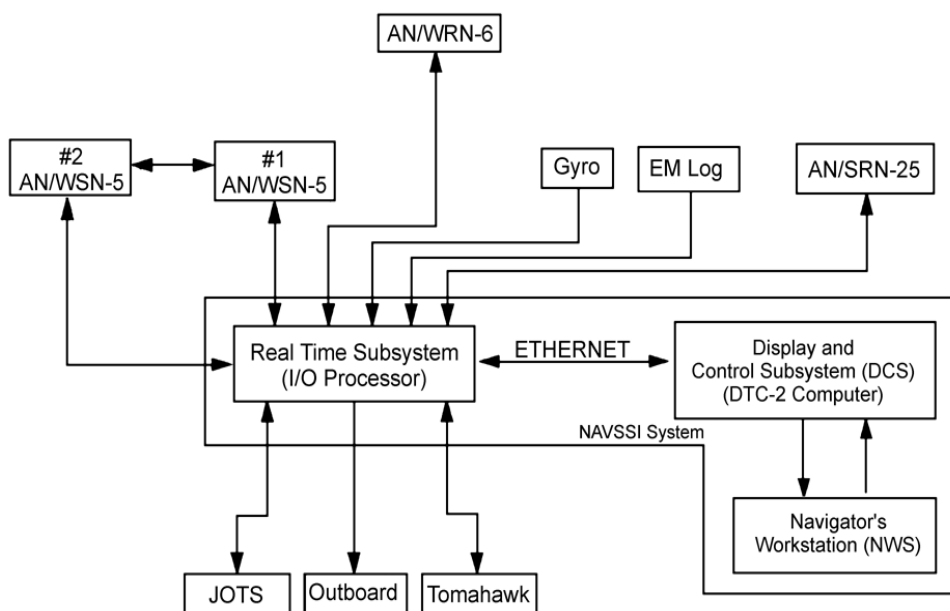
Η πρωταρχική λειτουργία του ECDIS-N ήταν η συνεισφορά του στην “ασφάλεια της Ναυσιπλοΐας” και μπορούσε να διαχειρίζεται και να παρουσιάζει όλων των ειδών τις πληροφορίες που εκδίδει η National Imagery and Mapping Agency (NIMA), σε συνδυασμό με την διαχείριση των βάσεων δεδομένων Vector Product Format (VPF) που περιλαμβάνει τους χάρτες Digital Nautical Chart (DNC®) και τα δεδομένα Tactical Ocean Data (TOD) [20].

Στις 5 Ιανουαρίου 2001, εκδόθηκε η OPNAVINST 9420.2 με τίτλο «Performance Requirements and Methods of Testing for Electronic Charting Display and Information Systems – Navy (ECDIS-N)» που περιέγραφε τις λεπτομέρειες των προδιαγραφών λειτουργίας και μεθόδων ελέγχου των συστημάτων ECDIS-N και των διαφοροποιήσεων του σε σχέση με τα εμπορικά συστήματα ECDIS. Στον Πίνακα 2, παρουσιάζονται οι διαφορές των προδιαγραφών των δύο συστημάτων [20].

Η αρχική μορφή του US NAVY ECDIS ήταν «The Navigation Sensor System Interface (NAVSSI)» και οι ηλεκτρονικοί χάρτες NIMA's Vector Product Format (VPF) DNC's χρησιμοποιούνταν σε συνδυασμό με το σύστημα NAVSSI [21]. Στο σχήμα 12, παρουσιάζονται οι επιμέρους μονάδες του συστήματος NAVSSI.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ECDIS ΚΑΙ ECDIS-N [20]

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ECDIS	ECDIS-N
Αρχιτεκτονική Λογισμικού	Καμία Απαιτήση	• Joint Technical Architecture (JTA) • Defense Information Infrastructure (DII) • Common Operating Environment (COE) compliance
Υδρογραφικά Προϊόντα	Government Hydrographic Office	National Imagery and Mapping Agency (NIMA)
Μορφή Βάσης Δεδομένων	IHO S-57 ENC	NIMA Vector Product Format (VPF): • Digital Nautical Chart (DNC) • Tactical Ocean Data (TOD) • Littoral Warfare Data (LWD)
Αυτόματη Ανανέωση Χαρτών	IHO S-52 Appendix 1	NIMA VPF Database Update (VDU)
Συστήματα Προσδιορισμού Θέσεως	Navy standard automated & continuous positioning systems	• Navy standard automated & continuous positioning systems • Navy approved navigation & piloting procedures



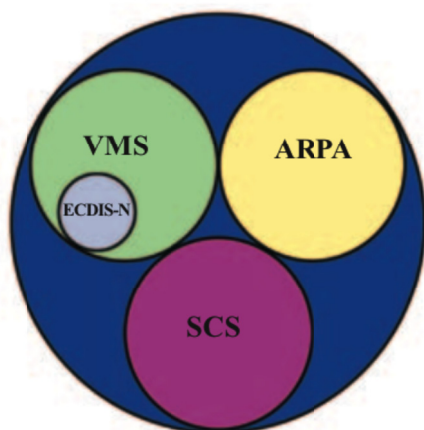
ΣΧΗΜΑ 12. Διασύνδεση Μονάδων Συστήματος NAVSSI [21]

Τον Οκτώβριο του 2005 στο περιοδικό του Αμερικανικού Πολεμικού Ναυτικού CHIPS, παρουσιάστηκε αναλυτικά η διαδικασία μετάβασης του Αμερικανικού ΠΝ στο περιβάλλον των ηλεκτρονικών χαρτών και στην εγκατάσταση και χρήση του λογισμικού ECDIS-N στα Πολεμικά Πλοία. Σύμφωνα με την παρουσίαση αυτή, ο συνδυασμός του ECDIS-N με τους ηλεκτρονικούς χάρτες DNC και τη χρήση κρυπτογραφημένων σημάτων GPS θα επιφέρει ανώτερες ναυτιλιακές και επιχειρησιακές δυνατότητες στις μονάδες του Αμερικανικού ΠΝ [17].

Επιπλέον τονίστηκε χαρακτηριστικά ότι η υλοποίηση και εγκατάσταση των συστημάτων ECDIS-N αποτελεί από τις μεγαλύτερες εξελίξεις στη Ναυσιπλοΐα μετά την υιοθέτηση του P/E ναυτιλίας, ενώ η χρήση τους θα επιφέρει ακριβέστερη εκτέλεση της Ναυσιπλοΐας, θα ελαχιστοποιήσει τα ανθρώπινα σφάλματα, τον χρόνο υποτύπωσης του στίγματος του πλοίου και του φόρτου διορθώσεων των χαρτών και των ναυτιλιακών εκδόσεων. Όσον αφορά στην δοκιμή και εξέλιξη του λογισμικού ECDIS-N, αναφέρθηκε ότι το Αμερικανικό ΠΝ εκτελούσε ελέγχους στα πλοία επιφανείας και Υ/Β από το 2003 με την χρήση του λογισμικού Voyage Management System (VMS) που βασίζεται στο λογισμικό Windows [17].

Στο πλαίσιο εκσυγχρονισμού των μονάδων του US NAVY, εγκαταστάθηκε τον Ιούνιο του 2005 το πρώτο λογισμικό ECDIS-N στο καταδρομικό Κατευθυνομένων Βλημάτων AEGIS USS Cape St. George (CG 71) κατόπιν εκτεταμένων δοκιμών/ελέγχων ώστε το σύστημα να λάβει την πιστοποίηση κάλυψης των προδιαγραφών που είχε θέσει το Αμερικανικό ΠΝ σε θέματα ασφαλούς Ναυσιπλοΐας [22].

Ουσιαστικά η πολυεθνική Northrop Grumman Corporation μέσω της θυγατρικής της Sperry Marine, εξόπλισε τα πλοία του Αμερικανικού ΠΝ με Ολοκληρωμένα Συστήματα Γεφύρας-Integrated Bridge System (IBS) και με το λογισμικό ηλεκτρονικών χαρτών Voyage Management System που είναι το πρώτο λογισμικό που πληρεί τις προδιαγραφές του λογισμικού ECDIS-N, όπως τις έθεσε το Αμερικανικό ΠΝ, το οποίο συνεργάζεται με τους ηλεκτρονικούς χάρτες Digital Nautical Charts (DNC) που τους προμηθεύει η National Geospatial-Intelligence Agency [22]. Ο Αντιπρόεδρος της εταιρείας Sperry Marine ανακοίνωσε ότι “έχει υπογραφτεί συμβόλαιο για την εγκατάσταση του Sperry Marine’s λογισμικού Voyage Management System (VMS) σε συνδυασμό με τον εξοπλισμό Scalable Integrated Bridge Systems (SCIBS) σε πάνω από 150 Αμερικανικά πολεμικά πλοία και απομένει η πιστοποίηση εν λόγω συστημάτων ότι πληρούν τις προδιαγραφές του Αμερικανικού ΠΝ” [23].



ΣΧΗΜΑ 13. Στρατιωτικό Ολοκληρωμένο Σύστημα Γεφύρας (MIBS) Sperry Marine [26]

Το 2005 ξεκίνησε η σταδιακή εγκατάσταση του ανωτέρου εξοπλισμού σε όλες τις μονάδες κρούσης του Αμερικανικού ΠΝ (Καταδρομικά τ. AEGIS, τ. TICONDEROGA, Υ/Β τ. LOS ANGELES κλπ) και μετέπειτα τα εν λόγω συστήματα εγκαταστάθηκαν σε πλοία της Αμερικανικής Ακτοφυλακής και σε πολεμικά πλοία ξένων χωρών.

Στο σχήμα 13, απεικονίζεται το Στρατιωτικό Ολοκληρωμένο Σύστημα Γεφύρας - Military Integrated Bridge System (MIBS) της εταιρείας Sperry Marine το οποίο αποτελείται από τα επιμέρους τμήματα [26]:

- α. **Voyage Management System (VMS)** – Υπολογιστικό σύστημα πλοήγησης, σχεδίασης και παρακολούθησης πλου.
- β. **Automated Radar Plotting Aid (ARPA)** – Αυτόματο σύστημα δημιουργίας και παρακολούθησης συνθετικών (tracks) στόχων επιφανείας.
- γ. **Ship Control System (SCS)** – Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου παραμετρικής παρακολούθησης συστημάτων Πρόωσης και Ελέγχου Πολεμικού Πλοίου, μέσω παροχής σημάτων Διοίκησης και Ελέγχου στα εν λόγω συστήματα.



α. Τακτική Εσχάρα 4W



β. Επαφή Χειριστού Κινούμενου Ασύλου Υ/Β



γ. Πληροφορίες Παλirroιας



δ. Δρομολόγιο Έρευνας σε Επιχείρηση SAR



ε. Κινούμενο Άσυλο Υποβρυχίου



στ. Διοπτεύσεις Ασφαλείας

ΣΧΗΜΑ 14. Ενδεικτικές Λειτουργίες VMS Αμερικανικού ΠΝ [27]

Μέρος του VMS αποτελεί το λογισμικό ECDIS-N και μερικές ενδεικτικές λειτουργίες του απεικονίζονται στο σχήμα 14 [27].

Σύστημα WECDIS Βρετανικού Πολεμικού Ναυτικού

Το Βρετανικό Π.Ν. αποφάσισε το 2004 να εξοπλίσει σταδιακά τα πλοία επιφανείας του με συστήματα WECDIS, όπου χρησιμοποιήθηκε ο εξοπλισμός Kelvin Hughes Navigation & Tactical Display WECDIS (Warship Electronic Chart Display and Information Systems) σε συνδυασμό με το λογισμικό της εταιρείας Offshore Systems ECPINS-M (Electronic Chart Precise Integrated Navigation System - Military). Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι το εν λόγω λογισμικό χρησιμοποιείται και από τα Πολεμικά Ναυτικά του Καναδά, Δανίας, Ν.Ζηλανδίας, Αυστραλίας, τμήματα του United States Navy, U.S. Coast Guard και Canadian Coast Guard.

Το σύστημα WECDIS της εταιρείας Offshore Systems για τα πλοία επιφανείας ονομάζεται ECPINS® W Electronic Chart Precise Integrated Navigation System (ECPINS®) Warship (W) και παρέχει τις κάτωθι **προηγμένες λειτουργίες για την εκτέλεση της Ναυσιπλοΐας**:

- Υπέρθεση εικόνας P/E
- Προνόμια καθοριζόμενα από τον χρήστη
- Εκτέλεση σχεδιασμού αποστολής μέσω της προετοιμασίας δρομολογίων, του καθορισμού σημείων δρόμησης, εκτέλεση ελέγχου για γνωστούς ναυτιλιακούς κινδύνους και δημιουργία αντικειμένων στον ηλεκτρονικό χάρτη και στα AML
- Διασύνδεση του συστήματος Αυτόματης Αναγνώρισης Πλοίων (AIS) με το σύστημα ECPINS®, όπου στην οθόνη του εμφανίζονται τόσο στατικά δεδομένα AIS όσο και δεδομένα AIS δρομολογίου. Επιπλέον οι στόχοι AIS εμφανίζονται υπό κλίμακα και ένα μικρό σε μέγεθος πληκτρολόγιο οθόνης επιτρέπει την πλήρη ρύθμιση και τον έλεγχο του συστήματος AIS από την κονσόλα ECPINS®.
- Δημιουργία κινούμενων περιοχών Υ/Β σύμφωνα με το Νατοϊκό εγχειρίδιο ATP-18
- Καταγραφή και αξιολόγηση των καταγεγραμμένων δεδομένων ταξιδιού, με δυνατότητα καταγραφής δεδομένων για 90 ημέρες
- Εκτέλεση ελιγμών με ακρίβεια, χρησιμοποιώντας προσαρμοσμένα σχήματα πλοίων υπό κλίμακα και πολλαπλά διανύσματα κίνησης
- Εφαρμογή κλασσικών μεθόδων Ναυσιπλοΐας και χρήση εργαλείων (χάραξη αποστάσεων-διοπτεύσεων) για προσδιορισμό στίγματος
- Παρακολούθηση, αξιολόγηση και αλλαγή προγραμματισμένου χαραχθέντος δρομολογίου πριν, κατά και μετά την εκτέλεση του πλου, κάνοντας χρήση της λειτουργίας του ελάχιστου βάθους που θα επιχειρεί το πλοίο, των διοπτεύσεων και αποστάσεων ασφαλείας και των προειδοποιήσεων (alarm)

Επιπλέον το σύστημα παρέχει τις κάτωθι **επιπρόσθετες επιχειρησιακές λειτουργίες**:

- Προαιρετική διασύνδεση P/E για την άμεση συσχέτιση των επαφών P/E, με τα συνθετικά του τακτικού συστήματος, τα συνθετικά των συστημάτων ARPA, AIS και με τα απεικονιζόμενα αντικείμενα του χάρτη
- Επιχειρησιακά και Τακτικά χαρακτηριστικά, όπως Ανάλυση Κίνησης Στόχων, προηγμένο εργαλείο σχεδίασης (drawing tool kit) και τομείς ασφαλείας όπλων

Στα σχήματα 15 και 16 απεικονίζονται συστήματα WECDIS της εταιρείας Offshore Systems (θυγατρική της OSI Geospatial) που χρησιμοποιούνται από Υ/Β και Πλοία Επιφανείας αντίστοιχα, ενώ στο σχήμα 17 παρουσιάζεται η προτεινόμενη μορφή εγκατάστασης του συστήματος ECPINS® W, που αναλύεται σε μία κεντρική κονσόλα WECDIS στη γέφυρα του Π.Πλοίου και δύο σταθμούς εργασίας.

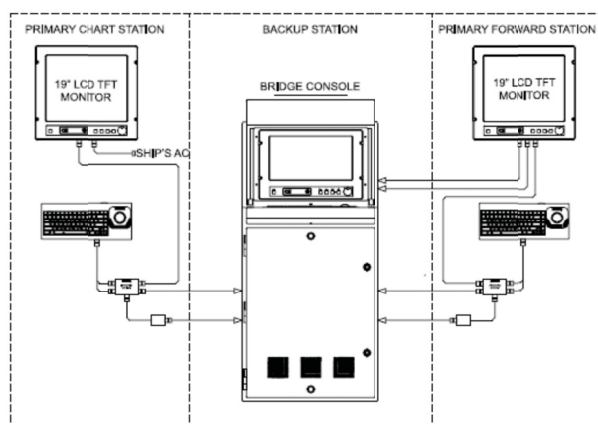
Στο σχήμα 18 απεικονίζεται μία χαρακτηριστική εικόνα από την οθόνη του συστήματος ECPINS® W που πληρεί τους κανονισμούς IMO περί συστημάτων ECDIS και τις προδιαγραφές NATO STANAG 4564 και είναι συμβατό με το σύστημα US Navy ECDIS-N.



ΣΧΗΜΑ 15. Σύστημα WECDIS Υποβρυχίων Βρετανικού ΠΝ [13]



ΣΧΗΜΑ 16. Σύστημα WECDIS Πλοίων Επιφανείας Βρετανικού ΠΝ [12]



ΣΧΗΜΑ 17. Προτεινόμενη Μορφή Εγκατάστασης Συστήματος ECPINS® W [12]



ΣΧΗΜΑ 18. Εικόνα Οθόνης Συστήματος ECPINS® W. Απεικονίζεται η χάραξη δρομολογίου και η επισήμανση των απαγορευμένων περιοχών λόγω βάθους ασφαλείας με χρήση γραμμών θέσεως ασφαλείας (Limiting Danger Lines) [12]

Το έτος 2004 το Βρετανικό Π.Ν. αποφάσισε να εξοπλίσει και τα Υ/Β με συστήματα WECDIS της εταιρείας Offshore Systems, αντίστοιχα με τα πλοία επιφανείας, με την ονομασία ECPINS® W SUB Electronic Chart Precise Integrated Navigation System (ECPINS®) Warship (W) SUB

(Submarine) και στην ουσία παρέχουν **πέρα των ανωτέρω λειτουργιών για την εκτέλεση της Ναυσιπλοΐας** και τα ακόλουθα:

- Υποστήριξη Πλοήγησης στις Πολικές περιοχές
- Πλοήγηση υπό την επιφάνεια της θάλασσας, συμπεριλαμβανομένων των σφαλμάτων Pool of Errors (PoE) και ανάλυση του περιγράμματος του βυθού

και **επιπρόσθετες επιχειρησιακές λειτουργίες**:

- Δημιουργία, προβολή και χρήση περιοχών Waterspace Management Areas και περιοχών κινούμενων ασύλων των Υ/Β (Moving Havens)
- Πλήρη λειτουργικότητα για πλοήγηση στην επιφάνεια και υπό την επιφάνεια της θάλασσας
- Αυτόματη υποτύπωση περιοχών κινήσεως των Υ/Β, Submarine Notice (SUBNOTE).

Στο σχήμα 19, απεικονίζεται μία χαρακτηριστική εικόνα από την οθόνη του συστήματος ECPINS® W SUB που χρησιμοποιείται από Υ/Β.



ΣΧΗΜΑ 19. Εικόνα Οθόνης Συστήματος ECPINS® W SUB.

Απεικονίζεται η περιοχή αβεβαιότητας της θέσης του Υ/Β, Pool of Errors (PoE) [13]

Ολοκληρώνοντας, σύμφωνα με το περιοδικό Desider UK MoD, το πρόγραμμα εγκατάστασης συστημάτων WECDIS ολοκλήρωσε την φάση του τον Νοέμβριο 2011(Tranche 2 programme), με την τελευταία εγκατάσταση να πραγματοποιείται στο πλοίο ερευνών HMS Protector [10]. Συνολικά ενενήντα ένα συστήματα WECDIS εγκαταστάθηκαν σε πλοία του Βρετανικού Πολεμικού Ναυτικού.

Σύστημα WECDIS Ισπανικού Πολεμικού Ναυτικού

Το Ισπανικό Π.Ν, στο πλαίσιο εκσυγχρονισμού των μονάδων του, εξόπλισε σταδιακά τα πολεμικά του πλοία με το σύστημα WECDIS CONAM NAV/C2 της Ισπανικής εταιρείας SAINSEL Naval Systems το οποίο αποτελεί την εξελιγμένη έκδοχή του Tactical Navigation Console "CONAM NAV" της ίδιας εταιρείας που σχεδιάστηκε υπό την επίβλεψη του Ισπανικού Πολεμικού Ναυτικού. Το WECDIS CONAM NAV/C2 αναπτύχθηκε συμφώνως NATO STANAG 4564 και κύριο πλεονέκτημα του είναι ότι σχεδιάστηκε σαν ένα επεκτάσιμο προϊόν, ξεκινώντας από μία βασική διαμόρφωση που δύναται να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις κάθε τύπου Πολεμικού Πλοίου με την προσθήκη συγκεκριμένων μονάδων (modules).

Το σύστημα WECDIS CONAM NAV/C2 τροφοδοτείται με τους ακόλουθους τύπους ηλεκτρονικών χαρτών[14]:

- Ηλεκτρονικοί Ναυτιλιακοί χάρτες ENC της μορφής S-57 IHO
- Ηλεκτρονικοί χάρτες DNC της μορφής Vector Product Format (VPF) της υπηρεσίας National Imagery Mapping Agency (NIMA) των ΗΠΑ
- Ηλεκτρονικοί χάρτες Raster της μορφής Admiralty Raster Chart Service (ARCS)
- Επιπρόσθετα Στρατιωτικά Γεωχωρικά Δεδομένα-Additional Military Layers (AML)
- Ηλεκτρονικοί χάρτες BSB που παράγονται από τα Υδρογραφικά Ινστιτούτα των ΗΠΑ (NOOA) και του ΚΑΝΑΔΑ (CHS)

Στο σχήμα 20, απεικονίζεται η κονσόλα WECDIS CONAM NAV/C2 της εταιρείας SAINSEL.



ΣΧΗΜΑ 20. Κονσόλα WECDIS CONAM NAV/C2 SAINSEL [14]

Το εν λόγω σύστημα έχει την ικανότητα να συνδυάζει και να παρουσιάζει εικόνα Radar και στοιχεία συνθετικών και video στόχων του τακτικού συστήματος σε ηλεκτρονικό χάρτη. Οι κυριότερες λειτουργίες του συστήματος WECDIS CONAM NAV/C2 είναι οι ακόλουθες [14]:

- Φόρτωση χαρτών από CD-ROM. Οι ηλεκτρονικοί χάρτες μπορούν να είναι των μορφών S-57, VPF, BSB ή ARCS
- Ενημέρωση χαρτών. Δυνατότητα ενημέρωσης της χαρτογραφικής βάσης δεδομένων, μέσω λειτουργιών της κονσόλας
- Επιλογή χάρτη με την κατάλληλη κλίμακα και αυτόματη παρουσίαση του στην οθόνη, ανάλογα με την θέση του πλοίου
- Συνεχής επίδειξη θέσης του πλοίου και διασύνδεση του συστήματος με GPS, γυροσκοπική πυξίδα και καταγραφή των στιγμάτων του πλοίου
- Σχεδιασμός δρομολογίου και παρακολούθησή του
- Προειδοποιήσεις για επικείμενη προσάραξη πλοίου και για παραβίαση του καθοριζόμενου βάθους ασφαλείας
- Καταγραφή πληροφοριών ταξιδιού (ημερολόγιο)
- Αναζήτηση πληροφοριών για αντικείμενα στον χάρτη από τη βάση δεδομένων
- Δυνατότητα ηλεκτρονικής χάραξης Γραμμών Θέσεως (Διόπτευση/Απόσταση)-Electronic Range Bearing Line
- Δυνατότητα Αληθούς και Σχετικής κίνησης
- Βοηθήματα για εκτέλεση αγκυροβολίας και επιχειρήσεις ανθρώπου στη θάλασσα
- Υπέρθεση εικόνας P/E σε ηλεκτρονικό χάρτη
- Παρουσίαση εικόνας Video TV
- Παρουσίαση στόχων ARPA-AIS
- Διαχείριση δεδομένων AML και παρουσίαση τους

Σύμφωνα με ανακοίνωση της εταιρείας SAINSEL [15], μέχρι το καλοκαίρι του 2011 πάνω από τριάντα συστήματα WECDIS CONAM NAV/C2 είχαν εγκατασταθεί σε πλοία του Ισπανικού ΠΝ. Στο σχήμα 21, απεικονίζεται το σύστημα WECDIS εγκατεστημένο στη γέφυρα της νεότευκτης Ισπανικής Φρεγάτας Κατευθυνόμενων Βλημάτων F-103.

Επιπρόσθετα η εταιρεία SainseI για να καλύψει τις επιχειρησιακές ανάγκες του Ισπανικού ΠΝ, ανέπτυξε το σύστημα με κύρια κονσόλα WECDIS TNCWECDIS NAV/C2 για χρήση από Υ/Β, με παράλληλη χρήση του επαναλήπτη Mini WECDIS AX-10S το οποίο εγκαθίσταται στη γέφυρα του Υ/Β όταν πλέει στην επιφάνεια.

Στο σχήμα 22, παρουσιάζονται αντίστοιχα τα συστήματα WECDIS και Mini WECDIS εγκατεστημένα σε Ισπανικό Υ/Β S-73 “SPS MISTRAL”.



ΣΧΗΜΑ 21. Σύστημα WECDIS σε Φ/Γ Ισπανικού ΠΝ [16]



α. Κύρια Κονσόλα WECDIS



β. Επαναλήπτης Mini WECDIS στη Γέφυρα

ΣΧΗΜΑ 22. Σύστημα WECDIS σε Υ/Β Ισπανικού ΠΝ

Σύστημα WECDIS Γαλλικού Πολεμικού Ναυτικού

Το Γαλλικό Π.Ν. το 1999, αποφάσισε να εξοπλίσει τις μονάδες του με συστήματα WECDIS και μετά από διεργασίες έρευνας, κατέληξε τον Ιανουάριο 2003 στην προμήθεια των συστημάτων WECDIS από την εταιρεία SODENA σε συνεργασία με την EADS.

Το σύστημα που ανέπτυξαν οι ανωτέρω εταιρείες ονομάζεται SENIN (Système d'Exploitation Naval des Informations Nautiques). Αρχικά απαιτήθηκε ένα έτος (2003-2004) για την επικύρωση του λογισμικού και τη δημιουργία των συστημάτων προσομοίωσης και στη συνέχεια δύο έτη (2004-2006) για την εγκατάσταση των πρώτων συστημάτων σε μονάδες.

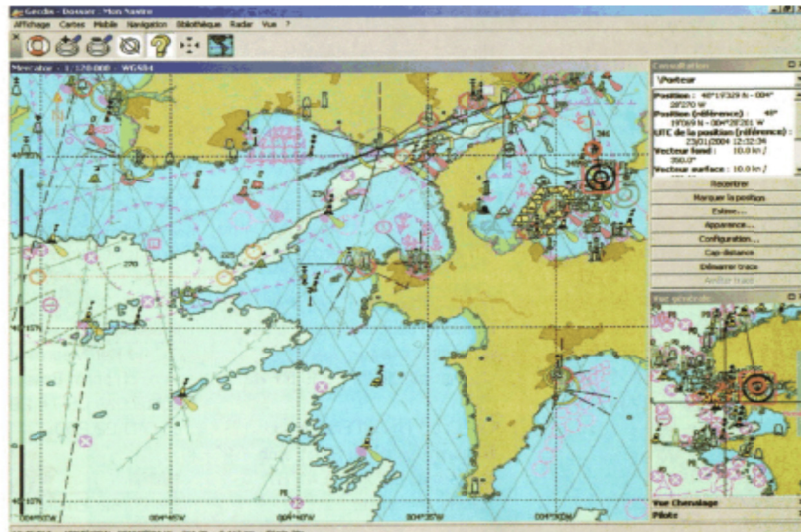
Το SODENA GECDIS-WECDIS (SENIN) έχει εγκατασταθεί σε 117 μονάδες του Γαλλικού ΠΝ (Μονάδες Επιφανείας και Υ/Β) και έχει επιλεγεί από άλλες χώρες, όπως από το Πολεμικό Ναυτικό της Σιγκαπούρης, τις δυνάμεις Ακτοφυλακής της Ινδονησίας, Δανίας και Ισλανδίας [28].

Το σύστημα SODENA GECDIS αποτελεί ένα εύκολο στην χρήση σύστημα, όπου ολοκληρώνονται και τυγχάνουν επεξεργασίας κρίσιμες πληροφορίες όπως π.χ. Ηλεκτρονικοί χάρτες, εικόνα video P/E, δεδομένα καιρού και δεδομένα sonar.

Οι κυριότερες λειτουργίες/δυνατότητες του συστήματος GECDIS είναι οι ακόλουθες [9]:

- Απεικόνιση και διαχείριση ηλεκτρονικών χαρτών: ENC, ARCS, DNC, BSB
- Υπέρθεση εικόνας P/E, χάρη στην δοκιμασμένη λύση SODENA - NetRadar που επιτρέπει την εύκολη σύνδεση με όλα τα P/E
- Απεικόνιση P/E
- Απεικόνιση στοιχείων πηδαλίου
- Απεικόνιση μέχρι 100 στοιχείων στόχου ARPA
- Εμφάνιση στοιχείων AIS και σύντηξη στόχων
- Εμφάνιση στοιχείων WAIS
- Σχεδίαση επιχειρήσεων SAR
- Στοιχεία NAVTEX

Στο σχήμα 23, παρουσιάζεται η εικόνα από την οθόνη του συστήματος SENIN.

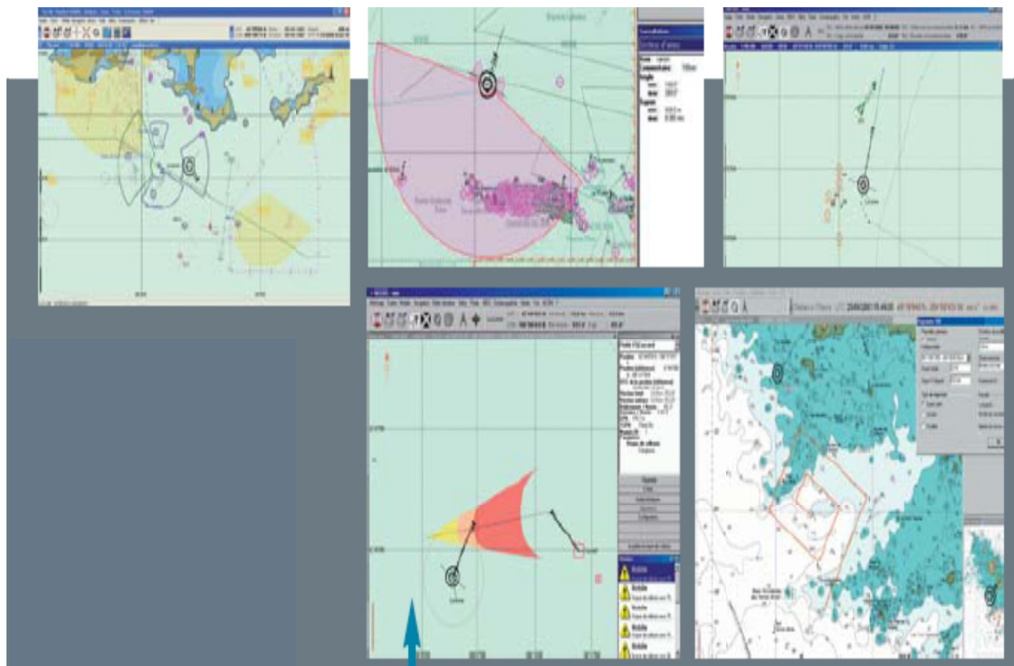


ΣΧΗΜΑ 23. Εικόνα Οθόνης Συστήματος SENIN [28]

Το σύστημα SODENA GECDIS-WECDIS βασίζεται στο σύστημα ECDIS της εταιρείας SODENA, που το ονόμασε SODENA GECDIS. Στην ουσία το σύστημα SODENA GECDIS ενισχύθηκε με Επιπρόσθετα Στρατιωτικά Γεωχωρικά Δεδομένα - AML που παρέχουν τις κάτωθι επιχειρησιακές δυνατότητες [9]:

- Στοιχεία Στρατηγικού πλαισίου
- Δρομολόγια, περιοχές και όρια: Ναρκοπέδια, Πεδία βολής, Περιοχές Ασκήσεων
- Διάφορες Στρατιωτικές πληροφορίες: Περιοχές Έρευνας Διάσωσης, Οριοθέτηση Περιοχών Αποκλειστικής Οικονομικής Ζώνης, Υφαλοκρηπίδας κλπ
- Επαφές Ναρκοπολέμου MCM
- Περιβάλλον Ναρκοθηρίας
- Πληροφορίες χαρακτηριστικών θαλάσσιας μάζας και θόρυβος περιβάλλοντος για Ανθυποβρυχιακές επιχειρήσεις: θερμοκρασία, αλατότητα.
- Μετεωρολογική κλιματολογία
- Μορφολογία θαλάσσιου βυθού: βαθυμετρία και ανάλυση ιζημάτων

Στο σχήμα 24, παρουσιάζονται χαρακτηριστικά Επιπρόσθετα Στρατιωτικά Γεωχωρικά Δεδομένα (ΕΣΓΔ)-AML που χρησιμοποιούνται από το SODENA GECDIS-WECDIS (SENIN).



ΣΧΗΜΑ 24. Απεικόνιση Επιπρόσθετων Στρατιωτικών Γεωχωρικών Δεδομένων-AML σε Σύστημα SODENA GECDIS-WECDIS [9]

Σύστημα WECDIS Γερμανικού Πολεμικού Ναυτικού

Το Γερμανικό Π.Ν. το 2004, στο ετήσιο συνέδριο Ναυτιλίας των χωρών μελών του NATO, παρουσίασε την οικονομικότερη λύση όσον αφορά τον εξοπλισμό των μονάδων επιφανείας με συστήματα WECDIS. Ουσιαστικά ο εκπρόσωπος του Γερμανικού ΠΝ παρουσίασε την εκδοχή να γίνεται χρήση λογισμικού commercial off-the-self (COTS) ECDIS (εταιρείας SEVENC'S) σε κονσόλες στρατιωτικών προδιαγραφών που διασυνδέονται με P/E Ναυτιλίας, σύστημα AIS, και έχουν τη δυνατότητα παρουσίασης στόχων ARPA, διαχείρισης δεδομένων AML Γερμανικού ΠΝ και παρουσίαση τους στην κονσόλα κλπ.

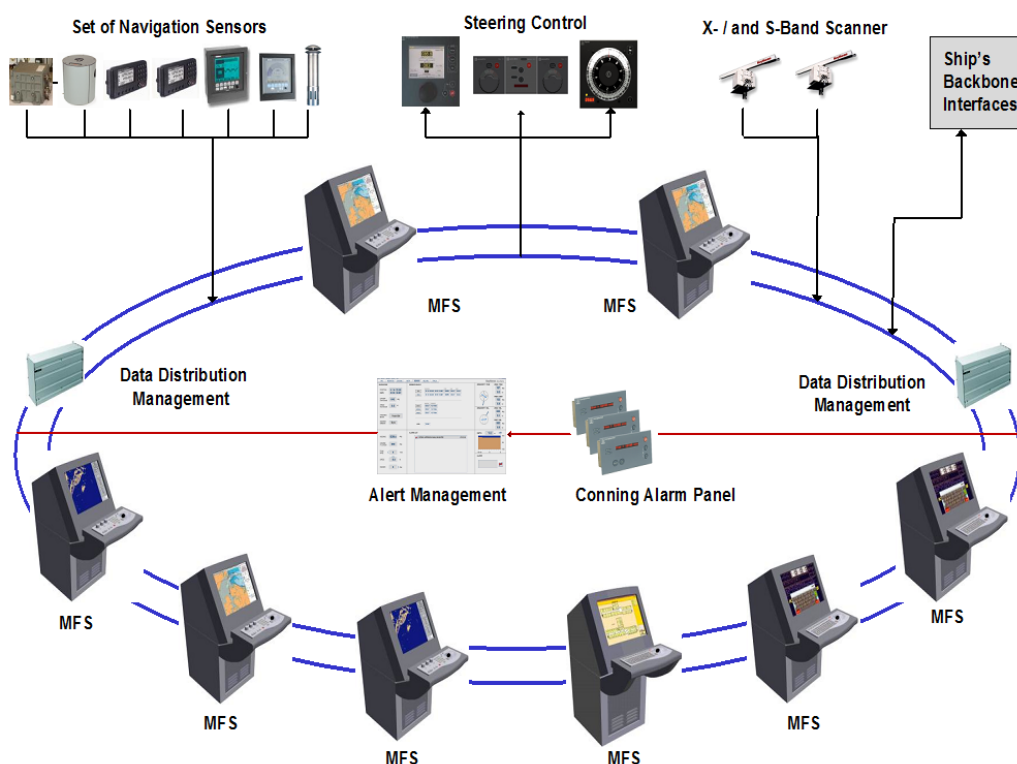
Από το έτος 2008 και στο πλαίσιο παραγωγής νέων μονάδων επιφανείας του Γερμανικού ΠΝ, στις κορβέτες τύπου K 130, εγκαταστάθηκαν συστήματα Integrated Bridge and Navigation System της εταιρείας Raytheon Anschutz με την ονομασία Integrated Navigation SYNAPSIS Bridge Control. Το εν λόγω σύστημα λαμβάνει δεδομένα από τους αισθητήρες (Anschutz gyro compass, Marine Inertial Navigation System, echo sounder, speed log, P(Y) GPS and weather sensors) και αποτελεί συνδυασμό εξοπλισμού COTS και εξοπλισμού στρατιωτικών προδιαγραφών. Στο σχήμα 25 απεικονίζονται τα επιμέρους συστήματα του SYNAPSIS Intelligent Bridge Control [18].

Το σύστημα του Γερμανικού ΠΝ χρησιμοποιεί το ECDIS SYNAPSIS της ίδιας εταιρείας το οποίο πληρεί όλες τις προδιαγραφές του IHO/IMO για τους ηλεκτρονικούς χάρτες ENC και ARCS.

Οι βασικές λειτουργίες του ECDIS SYNAPSIS είναι οι ακόλουθες [19] :

- Σχεδιασμός και παρακολούθηση δρομολογίου
- Αυτόματη λειτουργία σχεδιασμού
- Ολοκλήρωση μετεωρολογικών χαρτών
- Ηλεκτρονική ενημέρωση των H/N χαρτών
- Διακομιστής (server) H/N χαρτών

- Αυτόματη επιλογή H/N χαρτών πλοήγησης (ENC και ARCS H/N χάρτες) σχετιζόμενη με τη θέση του πλοίου
- Εμφάνιση πληροφοριών P/E (Στόχοι ARPA)
- Εμφάνιση στόχων AIS
- Ενσωμάτωση μηνυμάτων NAVTEX
- Εμφάνιση στοιχείων καιρού και πρόβλεψης καιρικών συνθηκών
- Ενσωμάτωση εικόνας P/E Ναυτιλίας
- Εμφάνιση στοιχείων παλίδροιας

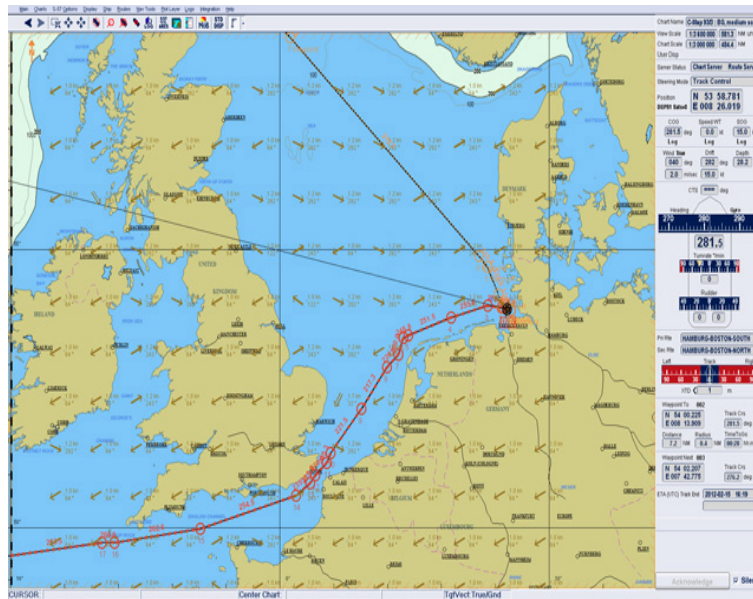


ΣΧΗΜΑ 25. Σύστημα SYNAPSIS IBS Γερμανικού ΠΝ [18]

Στο σχήμα 26, απεικονίζεται η κονσόλα ECDIS SYNAPSIS που έχει εγκατασταθεί σε πλοία επιφανείας του Γερμανικού ΠΝ (Κορβέτες K-130, Φ/Γ τύπου F 124, Φ/Γ τύπου F 125) ενώ στο σχήμα 27 απεικονίζεται μετεωρολογικός χάρτης σε σύστημα ECDIS SYNAPSIS.



ΣΧΗΜΑ 26. Κονσόλα ECDIS SYNAPSIS του Γερμανικού ΠΝ [18]



ΣΧΗΜΑ 27. Μετεωρολογικός Χάρτης σε ECDIS SYNOPSIS του Γερμανικού ΠΝ [18]

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ WECDIS ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΧΩΡΩΝ

1.	ΣΥΣΤΗΜΑ WECDIS ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟΥ ΠΟΛΕΜΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ – US NAVY Πρώτη εφαρμογή σε Πλοία : 2003 Προδιαγραφές Συστήματος ΗΝ Χαρτών : ECDIS-N Ειδή ΗΝ Χαρτών και Βάσεις Δεδομένων : NIMA,VPF,DNC,TOD,LWD,AML Κατασκευάστρια Εταιρεία Συστήματος : NORTHOP GRUMMAN SPERRY MARINE Εξοπλισμός Εταιρείας : VMS και SCIBS Σύνολο Πλοίων Που Φέρουν το Σύστημα : 150 Επιχειρησιακές Λειτουργίες : Στοιχεία VMS-ARPA-SCS. Υπέρθεση εικόνας RADAR. Συνδυασμός Χαρτών. Παρουσίαση Τομέων Όπλων. Αστρονομικοί Υπολογισμοί (Ανατολή/Δύση Ηλίου). Σχέδια Ερεύνης σε Επιχειρήσεις Έρευνας Διάσωσης. Εντοπισμός σφαλμάτων αισθητήρων. Απεικόνιση μηνυμάτων NAVTEX. Συσχέτιση Στόχων. Τακτική εσχάρα 4W. Κινητά Άστυλα Υ/Β. Απεικόνιση στοιχείων παλιρροίας.
2.	ΣΥΣΤΗΜΑ WECDIS ΒΡΕΤΑΝΙΚΟΥ ΠΟΛΕΜΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ – UK ROYAL NAVY Πρώτη εφαρμογή σε Πλοία : 2004 Προδιαγραφές Συστήματος ΗΝ Χαρτών : ECPINS-M,ECPINS-W,ECPINS-W SUB Ειδή ΗΝ Χαρτών και Βάσεις Δεδομένων : UKHO AVCS,UKHO ARCS,UKHO AML Κατασκευάστρια Εταιρεία Συστήματος : KELVIN HUGHES - OFFSHORE SYSTEMS LTD. Εξοπλισμός Εταιρείας : NAVIGATIONAL & TACTICAL DISPLAY WECDIS ECPINS W/SUB Σύνολο Πλοίων Που Φέρουν το Σύστημα : 91 Επιχειρησιακές Λειτουργίες : Υπέρθεση εικόνας RADAR. Συνδυασμός Χαρτών. Κινητά Άστυλα Υ/Β. Απεικόνιση Στρατιωτικών περιοχών. Πλοήγηση σε Πολικές περιοχές. Απεικόνιση μορφολογίας βυθού και πλοήγηση υπό την επιφάνεια με υπολογισμό στίγματος και σφαλμάτων Pool of Errors (POE).
3.	ΣΥΣΤΗΜΑ WECDIS ΙΣΠΑΝΙΚΟΥ ΠΟΛΕΜΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ – ARMADA ESPANOLA Πρώτη εφαρμογή σε Πλοία : 2001 Προδιαγραφές Συστήματος ΗΝ Χαρτών : NATO STANAG 4564 Ειδή ΗΝ Χαρτών και Βάσεις Δεδομένων : ENC S-57,DNC,VPF,NIMA,ARCS UKHO, BSB, NOAA, AML Κατασκευάστρια Εταιρεία Συστήματος : SAINSEL NAVAL SYSTEMS

	Εξοπλισμός Εταιρείας : CONAM NAV/C2 TNC WECDIS NAV/C2 & AX-10S Σύνολο Πλοίων Που Φέρουν το Σύστημα : 30 Επιχειρησιακές Λειτουργίες : Συνδυασμός Χαρτών S-57, VPF, BSB ή ARCS. Ανανέωση χαρτογραφικής βάσης δεδομένων. Εμφάνιση περιγραφικών χαρακτηριστικών (attributes) αντικειμένων ENC. Ιδιότητα υποτύπωσης Map Overboard. Υπέρθεση εικόνας RADAR. Απεικόνιση VIDEO TV. Παρουσίαση & επιλογή δεδομένων AML.
4.	ΣΥΣΤΗΜΑ WECDIS ΓΑΛΛΙΚΟΥ ΠΟΛΕΜΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ – MARINE NATIONALE Πρώτη εφαρμογή σε Πλοία : 2003 Προδιαγραφές Συστήματος HN Χαρτών : SENIN Ειδή HN Χαρτών και Βάσεις Δεδομένων : ENC S-57, ARCS UKHO, DNC, CHARTWORLD, BSB NOOA CMAP, AML Κατασκευάστρια Εταιρεία Συστήματος : SODENA Εξοπλισμός Εταιρείας : GECDIS WECDIS Σύνολο Πλοίων Που Φέρουν το Σύστημα : 117 Επιχειρησιακές Λειτουργίες : Υπέρθεση εικόνας RADAR. Απεικόνιση VIDEO TV. Παρουσίαση & επιλογή δεδομένων AML. Σχέδια Ερεύνης σε Επιχειρήσεις Έρευνας Διάσωσης. Παρουσίαση Στόχων UAIS & WAIS. Απεικόνιση Μηνυμάτων NAVTEX και Μετεωρολογικών Χαρτών. Απεικόνιση μορφολογίας Βυθού.
5.	ΣΥΣΤΗΜΑ WECDIS ΓΕΡΜΑΝΙΚΟΥ ΠΟΛΕΜΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ – DEUTSCHE MARINE Πρώτη εφαρμογή σε Πλοία : 2008 Προδιαγραφές Συστήματος HN Χαρτών : SYNAPSIS Ειδή HN Χαρτών και Βάσεις Δεδομένων : C-MAP, ENC, C-MAP PROFESSIONAL, S 57/S 63 1.1, ENCRYPTED ENC, DNC, ARCS, AML Κατασκευάστρια Εταιρεία Συστήματος : KELVIN HUGHES - RAYTHEON ANSCHÜTZ Εξοπλισμός Εταιρείας : SYNAPSIS IBS και WECDIS Σύνολο Πλοίων Που Φέρουν το Σύστημα : 12 Επιχειρησιακές Λειτουργίες : Υπέρθεση εικόνας RADAR, Απεικόνιση Μηνυμάτων NAVTEX και Μετεωρολογικών Χαρτών, Απεικόνιση Μηνυμάτων NAVTEX, Απεικόνιση στοιχείων παλίνρροιας. Καταγραφή και εξαγωγή στοιχείων πλου συμφώνως κανονισμών IMO.

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά χαρακτηριστικά ενδεικτικών συστημάτων WECDIS διαφόρων χωρών. Διαπιστώνουμε ότι στο πλαίσιο ομοιομορφίας και συμπίεσης του λειτουργικού και επιχειρησιακού κόστους, κάθε χώρα επιλέγει και υιοθετεί ιδίου τύπου σύστημα WECDIS που εγκαθίσταται σε όλους τους τύπους των Πολεμικών Πλοίων που διαθέτει (π.χ. Φ/Γ-ΤΠΚ-Υ/Β-Κ/Φ κ.λ.π.), καθιστώντας ταυτόχρονα και οικονομικότερη τη τεχνική τους υποστήριξη.

ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΚΤΗΣΗΣ, ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ WECDIS

Αναλυτικά στοιχεία κόστους των στρατιωτικών συστημάτων WECDIS δε διατίθενται στη βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα διαφαίνεται ότι ο συνδυασμός πληθώρας συστημάτων από τους κατασκευαστές και η δυνατότητα επιλογών εξοπλισμού εμπορικών προδιαγραφών commercial off-the-shelf, συμπιέζει το κόστος.

Μία οικονομική επιλογή αποτελεί το παράδειγμα του Γερμανικού ΠΝ που συνδυάζει λογισμικό πολιτικού τύπου (εταιρείας SEVENC'S) με υλικό hardware COTS και κονσόλες στρατιωτικών προδιαγραφών που κατασκευάζονται από τα στελέχη του Γερμανικού Π.Ν. Το κόστος διασύνδεσης του με επιμέρους συστήματα ελαχιστοποιείται, λόγω ότι υλοποιείται από τις υπηρεσίες του Γερμανικού ΠΝ.

Έτερο παράδειγμα αποτελεί το Αμερικανικό Π.Ν που όρισε τις προδιαγραφές του λογισμικού ECDIS-N βάσει του οποίου η εταιρεία Sperry Marine κατασκεύασε το λογισμικό Voyage Management System (VMS). Στη συνέχεια το Αμερικανικό Π.Ν, στο πλαίσιο ομοιομορφίας των συστημάτων και συμπίεσης του κόστους, εγκατέστησε στα πολεμικά του πλοία ολοκληρωμένα συστήματα Scalable Integrated Bridge Systems (SCIBS) της ίδιας εταιρείας σε συνδυασμό με το λογισμικό VMS.

Η κατασκευάστρια εταιρεία Sperry Marine στις 7 Αυγούστου 2013 ανακοίνωσε, ότι το κόστος εγκατάστασης των συστημάτων Scalable Integrated Bridge Systems (SCIBS) συνδυάζεται με το κόστος εγκατάστασης του λογισμικού Voyage Management System και διαφοροποιείται ανάλογα με το μέγεθος της παραγγελίας και τα επιμέρους τμήματα του SCIBS που εγκαθίστανται κάθε φορά είτε στο πλαίσιο εκσυγχρονισμού των πολεμικών πλοίων του Αμερικανικού Π.Ν, είτε στο πλαίσιο νέων ναυπηγήσεων.

Ενδεικτικά η εταιρεία ανέφερε, ότι το συνολικό κόστος εκατό αδειών του λογισμικού VMS συνδυασμένο με το SCIBS κυμάνθηκε στα 3.000.000\$ και δωρήθηκε από Northrop Grumman Corporation στην Ναυτική Ακαδημία των Η.Π.Α για εκπαίδευση των Ναυτικών Δοκίμων (midshipmen) [24]. Επιπλέον σε αναφορά για την εγκατάσταση δεκαέξι (16) συστημάτων SCIBS σε αντίστοιχα πλοία του Αμερικανικού Π.Ν (Καταδρομικά, Αεροπλανοφόρα και πλοία Αμφίβιων δυνάμεων) διατυπώνεται ότι το συνολικό κόστος κυμάνθηκε στα 3.700.000\$ [25], ενώ σε άλλη ανακοίνωση αναφέρεται ότι η εγκατάσταση του πακέτου εξοπλισμού Integrated Bridge System σε συνδυασμό με VMS σε τρία (3) Αμερικανικά πολεμικά πλοία guided-missile cruisers (CG) συνολικά κόστισε 2.720.000\$.

Η ακριβότερη επιλογή αποτελεί του Βρετανικού Πολεμικού Ναυτικού (UK Royal Navy) που στο πλαίσιο της αναβάθμισης των πολεμικών του πλοίων, ανέθεσε σε σύμπραξη των εταιρειών Kelvin Hughes, Lockheed Martin (υποστήριξη), Offshore Systems Ltd (λογισμικό) και Babcock Design and Technology (εγκατάσταση) να κατασκευάσουν το Βρετανικό σύστημα WECDIS. Στο πακέτο προμήθειας του εν λόγω συστήματος περιλαμβανόταν και η υποστήριξη του για τριάντα χρόνια. Το συνολικό κόστος κυμάνθηκε στα 29.000.000 £ (τιμές έτους 2004), εκ των οποίων 10.000.000 £ για την αγορά συστημάτων WECDIS και 19.000.000 £ για την υποστήριξη τους (in-service life) για 30 χρόνια.

Αρχικά το συμβόλαιο προέβλεπε την εγκατάσταση 48 συστημάτων στις κύριες μονάδες του Βρετανικού Πολεμικού Ναυτικού, όπως τα αεροπλανοφόρα Invincible class, όλα τα Υ/Β, Φ/Γ τύπου 23 και Royal Fleet Auxiliary tankers (Π/Φ). Το πρώτο σύστημα εγκαταστάθηκε σε Φ/Γ Type 23 στα μέσα 2004, ενώ το πρόγραμμα εγκατάστασης συστημάτων WECDIS σε πολεμικά πλοία του Βρετανικού Ναυτικού επεκτάθηκε, με επιπλέον κόστος περίπου 10.000.000 £, σε πλοία Ναρκοπολέμου, αποβατικά πλοία και πλοία ερευνών [8].

Αξίζει να αναφερθεί ότι στο συνολικό κόστος εγκατάστασης συστημάτων WECDIS σε πολεμικά πλοία του Βρετανικού Ναυτικού δεν περιλαμβανόταν το κόστος αγοράς των αδειών χρήσης ηλεκτρονικών χαρτών, λόγω του ότι τα ανωτέρω συστήματα χρησιμοποιούν τα ψηφιακά ηλεκτρονικά προϊόντα της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Βρετανικού Ναυτικού-UKHO.

Παρ' αυτά η εγκατάσταση των συστημάτων WECDIS σε νέες μονάδες του Βρετανικού Πολεμικού Ναυτικού (UK Royal Navy) αντιμετώπισε καθυστερήσεις και υπερβάσεις κόστους. Σύμφωνα με αναφορά του Υπουργού της Βρετανικής κυβέρνησης Philip Dunne στις 7 Μαΐου 2014 [11], η καθυστερημένη εγκατάσταση και ολοκλήρωση των συστημάτων WECDIS στα νέου τύπου Αντιτορπιλικά Type 45, θα κοστίσει περίπου GBP 5.600.000£ ή (USD 9.400.000), κυρίως λόγω ασυμβατότητας του λογισμικού ECPINS-W Sub (που σχεδιάστηκε για χρήση σε Υποβρύχια) με το hardware integrated bridge system (IBS) architecture του Π. Πλοίου. Σχεδιάζεται οι εργασίες εγκατάστασης να ξεκινήσουν στις αρχές του 2016, δέκα χρόνια μετά την κατέλκυση του πρώτου Αντιτορπιλικού HMS Daring - Type 45.

ΣΥΝΟΨΗ - ΣΧΟΛΙΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συστήματα WECDIS μέσω των σύγχρονων επιχειρησιακών δυνατοτήτων και λειτουργιών τους, έχουν υιοθετηθεί από διάφορες χώρες μέλη και μη του NATO στο πλαίσιο υποστήριξης των Ναυτικών Επιχειρήσεων. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους αποτελεί η ικανότητά τους να αφομοιώνουν και να εκμεταλλεύονται ψηφιακά γεωχωρικά δεδομένα (Digital Geospatial Data) γνωστά ως “Επιπρόσθετα Στρατιωτικά Γεωχωρικά Δεδομένα” ή “Επιπρόσθετα Στρατιωτικά Επιθέματα” (Additional Military Layers-AML).

Τα Επιπρόσθετα Στρατιωτικά Γεωχωρικά Δεδομένα (Additional Military Layers-AML) χρησιμοποιούνται από διαφορετικούς τύπους Πολεμικών Πλοίων (Φρεγατών, Υποβρυχίων, Ναρκολιευτικών, κ.λ.π.) για την κάλυψη των ειδικών επιχειρησιακών τους απαιτήσεων που καθορίζονται σε Εθνικό επίπεδο. Κάθε κράτος προγραμματίζει την παραγωγή ψηφιακών αρχείων με τα αντίστοιχα Additional Military Layers που προσαρμόζονται στο εκάστοτε σύστημα WECDIS. Η συμβολή των συστημάτων WECDIS στην εκτέλεση Ναυτικών Επιχειρήσεων έγκειται και στην παρεχόμενη δυνατότητα στον χρήστη να επιλέγει και να παρουσιάζει πληροφορίες από την δεξαμενή (pool of data) δεδομένων AML.

Τα συστήματα WECDIS συνδράμουν το προσωπικό Γεφύρας των Πολεμικών Πλοίων να:

- Κατανοήσει/Εκτιμήσει άμεσα τη ναυτιλιακή και τακτική κατάσταση επιφάνειας – υποεπιφάνειας,
- Αναβαθμίσει ποιοτικά την ορθότητα των αποφάσεων που λαμβάνει,
- Επισπεύσει χρονικά τη διαδικασία λήψης απόφασης,
- Υποστηρίξει αποτελεσματικότερα τη διαχείριση των οπλικών συστημάτων και των αισθητήρων του Πολεμικού Πλοίου.

Στο πλαίσιο της παρουσίασης των συστημάτων WECDIS εξετάστηκε και το κόστος απόκτησης εξοπλισμού WECDIS. Ο συνδυασμός πληθώρας συστημάτων από τους κατασκευαστές και η δυνατότητα επιλογών εξοπλισμού εμπορικών προδιαγραφών commercial off-the-shelf συμπίπτει το κόστος και προσφέρει πολλαπλές επιλογές.

Τα συστήματα WECDIS που εγκαθίστανται στα Πολεμικά Πλοία πρέπει να είναι του ιδίου τύπου, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η υψηλού επιπέδου Διαλειτουργικότητα (interoperability) και η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των πολεμικών πλοίων και των Επιτελείων, τόσο κατά την σχεδίαση Ασκήσεων/Πραγματικών Επιχειρήσεων, όσο και κατά την εκτέλεσή τους. Επιπλέον με την υιοθέτηση ιδίου τύπου συστήματος WECDIS, παρέχεται κοινή εκπαίδευση στους χειριστές σε κάθε τύπο Πολεμικού Πλοίου και καθίσταται οικονομικότερη η τεχνική υποστήριξη τους. Μία συμφέρουσα οικονομοτεχνική λύση αποτελεί η προμήθεια μίας ενιαίας πλατφόρμας βασικής διαμόρφωσης (standard configuration), που θα ικανοποιεί καταρχήν τις κοινές επιχειρησιακές απαιτήσεις όλων των τύπων των Πολεμικών Πλοίων και θα δύναται να αναπτυχθεί μελλοντικά με εξειδικευμένες εφαρμογές που θα καλύπτουν εξειδικευμένες επιχειρησιακές απαιτήσεις, ανάλογα με την αποστολή και τον τύπο, του εκάστοτε Πολεμικού Πλοίου.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. NATO STANAG 4564 (Edition 2) - Standard for Warship Electronic Chart Display and Information System (WECDIS), 25 October 2007.
2. Increase of Combat Effectiveness of Warships with the Introduction into Operation of WECDIS, Josip Kasum, Ivica Pavić, Jakša Mišković, Journal Our Sea, International Journal of Maritime Science & Technology, Vol.60 No.3-4, October 2013, p.55-60.
3. Παλληκάρη Α., Συστήματα Ηλεκτρονικού Χάρτη, (ΣΝΔ, Εργαστήριο Ναυτιλίας και Θαλασσιών Επιστημών, Τρίτη έκδοση, Πειραιάς, 2009), σελ.156,157,158,159,160.

4. NATO STANAG 7170 IGEO (Edition 2) - Additional Military Layers (AML) – Digital Geospatial Data Products, 5 November 2010.
5. AML Guidance and Implementation Manual, Version 3.0, 31 March 2008, σελ.5.
6. AML Handbook, Additional Military Layers, Produced by the United Kingdom Hydrographic Office on behalf of NATO, Edition 3 January 2012, σελ.9.
7. UKHO AML, 2008, UK Handbook for AML, Edition 2.1, January 2007, Revised November 2008, UK Hydrographic Office.
8. Έκδοση Jane's Defence Weekly, New contract expands WECDIS fit fleetwide, 26-Jul-2005.
9. SODENA, GECDIS - WECDIS version Navigation and surveillance for Navy & Coast Guards.
10. UK MoD, Desider, The magazine for defence equipment and support, Jan 2012, Issue 44.
11. Έκδοση Jane's Navy International, Type 45s face further two-year wait for WECDIS, 16-May-2014.
12. http://www.idexuae.ae/ExhibitorLibrary/1306/ECPINS-W_2.pdf
13. http://www.lssolutionsinc.com/files/OSI_ECPINS-W-SUB.pdf
14. Sainsel CONAM NAV/C2 WECDIS product brochure.
15. <http://www.sainsel.es/English/news.html> (ανακτήθηκε 4 Ιουνίου 2012).
16. <http://sainsel.eu/portfolio/sistemas-wecdis/> (ανακτήθηκε 17 Νοεμβρίου 2014).
17. <http://www.doncio.navy.mil/chips/ArticleDetails.aspx?ID=3167> (ανακτήθηκε 15 Νοεμβρίου 2014)
18. <http://www.raytheon-anschuetz.com/defense-systems/navigation-for-naval-surface-vessels/integrated-navigation/> (ανακτήθηκε 15 Νοεμβρίου 2014).
19. [http://www.raytheon-anschuetz.com/product-range/product-detail/24/Synapsis-ECDis-\(Electronic-Chart-Display-and-Information-System\)](http://www.raytheon-anschuetz.com/product-range/product-detail/24/Synapsis-ECDis-(Electronic-Chart-Display-and-Information-System)) (ανακτήθηκε 15 Νοεμβρίου 2014).
20. OPNAV INSTRUCTION 9420.2 US NAVY, 15 Feb 2001, p. iii, 1.
21. http://msi.nga.mil/MSISiteContent/StaticFiles/NAV_PUBS/APN/Chapt-14.pdf
22. <http://www.sperrymarine.com/news/electronic-chart-system-first-us-navy-ship-certified-paperless-navigation> (ανακτήθηκε 17 Νοεμβρίου 2014).
23. <http://www.sperrymarine.com/news/electronic-charting-technology-submarines-certified> (ανακτήθηκε 17 Νοεμβρίου 2014).
24. <http://investor.northropgrumman.com/phoenix.zhtml?c=112386&p=irol-newsArticle&ID=1845528&highlight=> (ανακτήθηκε 17 Νοεμβρίου 2014).
25. <http://www.sperrymarine.com/news/scalable-integrated-bridge-systems-usn> (ανακτήθηκε 17 Νοεμβρίου 2014).
26. <http://www.electrotech.net.au/wp-content/uploads/2014/01/product-brochure1.pdf>
27. <http://www.sperrymarine.com/sites/default/files/downloads/106724194/WECDIS%20Brochure.pdf>
28. COLS BLEUS, Latitudes, Nouvelles Technologies, From Sea to Electronic Charts.
29. http://www.nauticalcharts.noaa.gov/mcd/learn_diffENC_DNC.html (ανακτήθηκε 3 Νοεμβρίου 2014).
30. International Hydrographic Organization (IHO) S-66 – Facts about Electronic Charts and Carriage Requirements, Edition 1.0.0 – January 2010.
31. <http://www.ukho.gov.uk/PRODUCTSANDSERVICES/ELECTRONICCHARTS/Pages/ARCS.aspx> (ανακτήθηκε 3 Νοεμβρίου 2014).
32. Έκδοση NATO, AAP-06, Edition 2014, NATO GLOSSARY OF TERMS AND DEFINITIONS.
33. Νόμος.3882/Α166, 22 Σεπτεμβρίου 2010, Εθνική Υποδομή Γεωχωρικών Πληροφοριών