



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ**

Τμήμα Ναυτιλίας και
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών

&

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής
Σχεδίασης και Παραγωγής



**ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ»**

ΤΙΤΛΟΣ

Οι εφαρμογές της τεχνολογίας στον σχεδιασμό αυτόνομων πλοίων

ΤΙΤΛΟΣ ΑΓΓΛΙΚΑ

The applications of technology in the design of autonomous ships

Όνοματεπώνυμο Σπουδαστή:

Κόικας Γεώργιος

Όνοματεπώνυμο Υπεύθυνου Καθηγητή:

Παπουτσιδάκης Μιχαήλ

ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Αιγάλεω, Φεβρουάριος 2019



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ**

Τμήμα Ναυτιλίας και
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών

&

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής
Σχεδίασης και Παραγωγής



ΤΙΤΛΟΣ

Οι εφαρμογές της τεχνολογίας στον σχεδιασμό αυτόνομων πλοίων

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ

Κόικας Γεώργιος

**Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για την μερική
εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Διδρυματικού
Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις
Μεταφορές» του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών του
Πανεπιστημίου Αιγαίου και του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και
Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.**



Δήλωση συγγραφέα διπλωματικής διατριβής

Ο κάτωθι υπογεγραμμένοςΚΟΙΚΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ....., του
.....ΠΑΝΤΕΛΗ....., με αριθμό μητρώου94.....
φοιτητής του Διδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες
στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών
του Πανεπιστημίου Αιγαίου και του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και
Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της
μεταπτυχιακής διπλωματικής διατριβής και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την
προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην διατριβή. Επίσης έχω
αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές
αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η διατριβή
προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή
διπλωματική διατριβή».

Ο δηλών

Ημερομηνία

Κόικας Γεώργιος

15/02/2019



Περίληψη

Η συνεχής εξέλιξη των τεχνολογιών που εφαρμόζονται στα συστήματα των πλοίων έχει ωθήσει τον κλάδο της ναυτιλίας στην δημιουργία πλοίων, με πλήρως εκσυγχρονισμένα συστήματα αυτοματισμού που επιτρέπουν τον χειρισμό και την διαρκής επίβλεψή τους, σε πραγματικό χρόνο από κάθε σημείο του πλανήτη.

Έτσι λοιπόν η παρούσα διατριβή έχει ως κύριο σκοπό να παρουσιάσει την ιστορική εξέλιξη των συστημάτων αυτοματισμού στην ναυτιλία και να αναλύσει τόσο τις υφιστάμενες τεχνολογίες που λαμβάνουν χώρα σε αυτόνομα πλοία όσο και τις μελλοντικές τάσεις. Ωστόσο θα αναλυθούν οι πιθανοί κίνδυνοι-περιορισμοί που ελλοχεύουν μέσω της χρήσης αυτής της τεχνολογίας αλλά και τα σημαντικά εκείνα στοιχεία στα οποία πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία, ώστε η κοινότητα να αποκτήσει μία πλήρως αποσαφηνισμένη εικόνα, αναφορικά με την ιδιαίτερα λαμπρή και υποσχόμενη τεχνολογία αυτόνομων πλοίων.

Επιπροσθέτως θα παρουσιαστούν οι υφιστάμενες αλλά και οι μελλοντικές τεχνολογίες των αυτόνομων πλοίων, ενώ θα αναλυθούν και σημαντικές υφιστάμενες πιλοτικές εφαρμογές μη επανδρωμένων πλοίων. Τέλος θα υλοποιηθεί μελέτη περίπτωσης, ενός συγκεκριμένου θαλάσσιου περάσματος στον Ελλαδικό χώρο ως περιοχή δοκιμαστικών ελέγχων αυτόνομων πλοίων, και θα αξιολογηθεί η βιωσιμότητα του ως κέντρο δοκιμών.

Τα αποτελέσματα της διατριβής αποτελούν την βάση για περαιτέρω ανάλυση των μελλοντικών συστημάτων στα αυτόνομα πλοία ενώ συμβάλλουν καθοριστικά τόσο στην ανάδειξη των αυτόνομων πλοίων στον κλάδο της ναυτιλίας ευρύτερα όσο και στην περαιτέρω βελτίωση και ανάπτυξη των αυτόνομων συστημάτων ναυτιλίας μέσω της εκτίμησης των ενδεχόμενων κινδύνων για την αποφυγή ατυχημάτων.

Λέξεις Κλειδιά:

Αυτόνομο πλοίο

Ανάλυση απειλών

Επίπεδα αυτονομίας

Αξιοπιστία αυτόνομων συστημάτων

Κέντρο ελέγχου ξηράς

Απομακρυσμένος χειριστής



Abstract

The continued development of the technologies applied to ship systems has pushed the shipbuilding industry to shipbuilding, with fully modernized automation systems that allow them to be handled and constantly monitored in real time from everywhere on the planet. So the main purpose of this dissertation is to present the historical evolution of automation systems in shipping and to analyze both the existing technologies that take place in autonomous ships and the future trends. However, the potential risks-constraints underlying the use of this technology will be analyzed, as well as the important elements that should be given special importance so that the community can obtain a fully clarified picture of the particularly brilliant and promising technology of autonomous ships.

In addition, existing and future technologies of the autonomous ships will be presented, as well as significant existing pilot applications of unmanned ships. Finally, a case study, a specific sea passage in Greece, will be carried out as a test site for autonomous vessels and its viability as a testing center will be evaluated.

The results of this dissertation provide the basis for further analysis of future autonomous naval systems and contribute decisively both to the promotion of autonomous shipping and to the further improvement and development of independent maritime systems by assessing possible threats to avoid accidents.

Key Words:

Autonomous ship

Risk Analysis

Autonomy levels

Reliability of autonomous systems

Shore Control Centre

Remote Operator



Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου και επιβλέπων στην παρούσα εργασία, κύριο Μιχάλη Παπουτσιδάκη για τη καθοδήγησή του και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα.

Ευχαριστίες επίσης θα ήθελα να δώσω στην οικογένεια μου και την σύντροφο μου για την στήριξη της καθόλη την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Φεβρουάριος 2019

Κόικας Γεώργιος



Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 Τεχνολογία και Αυτοματισμός στην Ναυτιλία	- 12 -
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	- 12 -
1.2 Εισαγωγή στα αυτόματα συστήματα πλοήγησης.....	- 13 -
1.2.1 Το ραδιογωνιόμετρο.....	- 14 -
1.2.2 Η γυροπυξίδα	- 14 -
1.2.3 Το ραντάρ.....	- 16 -
1.2.4 Συστήματα υπερβολικής ναυτιλίας.....	- 17 -
1.3 Εξέλιξη αυτοματοποιημένων συστημάτων πλοήγησης στον 21 ^ο αιώνα.....	- 18 -
1.3.1 Εισαγωγή στο Αυτόνομο Πλοίο.....	- 20 -
1.4 Διαφορές Συμβατικού, Τηλεχειριζόμενου και πλήρως Αυτόνομου πλοίου.....	- 23 -
1.4.1 Συμβατικά Πλοία	- 24 -
1.4.2 Ημιαυτόνομα-Έξυπνα Πλοία	- 25 -
1.4.3 Αυτόνομα Πλοία	- 25 -
Κεφάλαιο 2 Κατευθυντήριες γραμμές αυτόνομης ναυτιλίας.....	- 26 -
2.1 Ανάλυση κινδύνων και αξιολόγηση τεχνολογιών αυτόνομης ναυτιλίας κατά BUREAU VERITAS.....	- 29 -
2.1.1 Μοντέλο αυτόνομου πλοίου.....	- 29 -
2.1.2 Πίνακες προσδιορισμού κινδύνων	- 30 -
2.1.3 Ανάλυση κινδύνων.....	- 34 -
2.1.4 Αξιολόγηση επιλογών ελέγχου κινδύνων	- 37 -
2.2 Διεθνές πρόγραμμα ευρωπαϊκής επιτροπής ποιοτικού σχεδιασμού αυτόνομου πλοίου MUNIN	- 38 -
2.2.1 Σύγκρουση η βύθιση πλοίου	- 43 -
2.2.2 Καταστροφή πλοίου	- 45 -
2.2.3 Εσωτερικές μηχανές και συστήματα πρόωσης	- 46 -
2.2.4 Πυρκαγιά και έκρηξη	- 48 -
2.2.5 Κυβερνοασφάλεια και πειρατεία.....	- 49 -
2.2.6 Αποτελέσματα ανάλυσης κινδύνων	- 49 -



2.3	Εκτιμώμενη οικονομική ανάλυση αυτόνομου πλοίου	50 -
2.3.1	Ανάλυση λειτουργικού κόστους	51 -
2.3.2	Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης λειτουργικού κόστους.....	54 -
2.4	Αξιολόγηση νομοθετικού πλαισίου αυτόνομου πλοίου	56 -
2.4.1	Το ρυθμιστικό πλαίσιο	56 -
2.4.2	Νομική κατάταξη αυτόνομου πλοίου.....	56 -
2.4.3	Νομοθετικές και νομικές προκλήσεις	57 -
2.4.4	Αποτελέσματα Νομοθετικού πλαισίου αυτόνομου πλοίου.....	59 -
Κεφάλαιο 3 Υφιστάμενη τεχνολογία αυτόνομων πλοίων.....		59 -
3.1	Μη επανδρωμένα πλοία και αυτόνομη ναυτιλία	59 -
3.2	Λειτουργία αυτόνομου πλοίου	63 -
3.3	Ευφυής τεχνολογία πληροφοριών αυτόνομων πλοίων.....	64 -
3.4	Ανάλυση κύριων τεχνολογικών συστημάτων αυτόνομων πλοίων.....	68 -
3.4.1	Αυτόματο σύστημα πλοήγησης.....	68 -
3.4.2	Σύστημα αισθητήρων	69 -
3.4.3	Κέντρο Ελέγχου Ξηράς.....	71 -
3.5	Κατευθυντήριες γραμμές λειτουργικότητας αυτόνομων συστημάτων	72 -
3.5.1	Σύστημα πλοήγησης.....	72 -
3.5.2	Μηχανικό σύστημα	77 -
3.5.3	Σύστημα διαχείρισης φορτίου	79 -
3.5.4	Δίκτυο και σύστημα επικοινωνίας	80 -
3.5.5	Σύστημα διαχείρισης επιβατικού κοινού.....	82 -
3.5.6	Κέντρο ελέγχου ξηράς.....	84 -
3.6	Κατευθυντήριες γραμμές αξιοπιστίας αυτόνομων συστημάτων.....	86 -
3.6.1	Γενικό σύστημα σχεδιασμού.....	86 -
3.6.2	Επικοινωνία ανθρώπινου παράγοντα και συστημάτων.....	87 -
3.6.3	Δίκτυο και επικοινωνία	89 -
3.6.4	Διασφάλιση ποιότητας λογισμικού	91 -
3.6.5	Διασφάλιση ποιότητας δεδομένων.....	93 -
3.6.6	Κυβερνοασφάλεια	95 -



3.7	Υφιστάμενες εφαρμογές αυτόνομων πλοίων	- 96 -
3.7.1	Το Project AAWA της Rolls-Royce έως το 2025	- 97 -
3.7.2	Το Project Kongsberg-Yara έως το 2020	- 99 -
3.7.3	Ιαπωνική κοινοπραξία Mitsui O.S.K Lines-Mitsui Engineering & Shipbuilding έως το 2025	- 105 -
3.7.4	Το ReVolt Project των DNV GL-NTNU	- 107 -
3.7.5	Νέες επιχειρήσεις παροχής υπηρεσιών αυτόνομων ναυτιλιακών συστημάτων-	110 -
3.8	Μελέτη περίπτωσης αυτόνομου πλοίου στον ελλαδικό χώρο.....	- 112 -
3.8.1	Φιόρδ Trondheim	- 113 -
3.8.2	Φιόρδ Jaakonmeri.....	- 115 -
3.8.3	Θαλάσσιο πέρασμα Σαλαμίνας-Περάματος.....	- 116 -
3.8.4	Εξαγωγή συμπερασμάτων.....	- 118 -
Κεφάλαιο 4	Μελλοντική εξέλιξη τεχνολογίας αυτόνομων πλοίων	- 120 -
4.1	Νέα εποχή στην ναυτική τεχνολογία μέσω των πλοίων TechnoMax	- 120 -
4.2	Μελλοντική εξέλιξη τεχνολογικών τομέων αυτόνομων πλοίων.....	- 123 -
4.2.1	Τεχνητή Νοημοσύνη	- 123 -
4.2.2	Αισθητήρες και Κατανόηση καταστάσεων.....	- 124 -
4.2.3	Συνδεσιμότητα	- 125 -
4.2.4	Κυβερνοασφάλεια	- 128 -
4.2.5	Διαχείριση της ενέργειας και της βιωσιμότητας.....	- 130 -
4.2.6	Αυτόνομο σύστημα φορτοεκφόρτωσης container	- 131 -
4.2.7	Σχεδιασμός πλοίων μέσω προηγμένων υλικών.....	- 133 -
4.2.8	Ηλεκτρική πρόωση.....	- 134 -
4.2.9	Οικολογική θαλάσσια ηλιακή ενέργεια	- 135 -
5.	Συμπεράσματα.....	- 140 -
6.	Μελλοντική έρευνα.....	- 142 -
7.	Βιβλιογραφία.....	- 143 -



Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Ο Ιταλός φυσικός Γουλιέλμο Μαρκόνι (1874-1937), εφευρέτης της ασύρματης τηλεγραφίας και του ραδιοφώνου	- 13 -
Εικόνα 2. Εξάντας.....	- 13 -
Εικόνα 3. Φερόμενα εξαρτήματα εξάντα.....	- 13 -
Εικόνα 4. Αρχή λειτουργίας ραδιογωνιόμετρου	- 14 -
Εικόνα 5. Γυροσκοπική πυξίδα από τον εφευρέτη Herman Anschütz-Kaempfe το 1903-	16 -
Εικόνα 6. Η αρχή λειτουργίας του ραντάρ βασίζεται στην εκπομπή και λήψη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μετά από ανάκλαση σε κάποιο αντικείμενο.	- 17 -
Εικόνα 7. Προσδιορισμός θέσεως (στίγματος) υπερβολικής ναυτιλίας	- 18 -
Εικόνα 8. Autonomous M/V Yara Birkeland.....	- 20 -
Εικόνα 9. Rolls-Royce remote-autonomous vessel.....	- 20 -
Εικόνα 10. Ποσοστά απωλειών πλοίων	- 40 -
Εικόνα 11. Ευρωπαϊκά ατυχήματα ανά έτος και είδος	- 41 -
Εικόνα 12. Ευρωπαϊκά ατυχήματα ανά είδος και δριμύτητα.....	- 42 -
Εικόνα 13. Αριθμός συστάσεων ασφαλείας ανά περιοχή εστίασης	- 46 -
Εικόνα 14. Αυτόνομο οχηματαγωγό πλοίο Stella.....	- 46 -
Εικόνα 15. Λειτουργία Αυτόνομου Πλοίου PUS.....	- 46 -
Εικόνα 16. Μη επανδρωμένη περιοχή πλοήγησης αυτόνομων φορτηγών πλοίων.....	- 46 -
Εικόνα 17. Έναρξη πλοήγησης από τον καπετάνιο στο κέντρο απομακρυσμένου ελέγχου ROC.....	- 46 -
Εικόνα 18. Ο ρόλος του συστήματος Inmarsat στο project AAWA, της Rolls-Royce	- 46 -
Εικόνα 19. Το πρώτο παγκοσμίως πλήρως ηλεκτρικό και αυτόνομο φορτηγό πλοίο, με μηδενικές εκπομπές ρύπων, Yara Birkeland.....	- 46 -
Εικόνα 20. Τεχνικά χαρακτηριστικά αυτόνομου πλοίου Yara Birkeland.....	- 46 -
Εικόνα 21. Το αυτόνομο πλοίο απομακρυσμένου ελέγχου Hrönn	- 46 -
Εικόνα 22. Πυροσβεστικό πλοίο απομακρυσμένου ελέγχου RALamander 2000	- 46 -
Εικόνα 23. Αυτόνομο επιβατηγό πλοίο PILOT-E.....	- 46 -
Εικόνα 24. Απεικόνιση πλεονεκτημάτων αυτόνομου πλοίου σύμφωνα με την Mitsui O.S.K. Lines, Ltd.	- 46 -
Εικόνα 25. Μοντέλο Re-Volt πειραματικής κλίμακας της DNV GL, που χρησιμοποιείται δοκιμαστικά από ερευνητές του πανεπιστημίου NTNU	- 46 -
Εικόνα 26. Δοκιμαστική περιοχή Trondheimsfjord στην Βόρεια Νορβηγία.....	- 46 -
Εικόνα 27. Παροχή ναυτιλιακών υπηρεσιών Rolls-Royce και Kongsberg	- 46 -
Εικόνα 28. Δορυφορική απεικόνιση του Νορβηγικού φιόρδ Trondheim.....	- 46 -
Εικόνα 29. Διαδρομές ελέγχου αυτόνομων πλοίων στο φιόρδ του Trondheim.....	- 46 -
Εικόνα 30. Η δεσμευμένη περιοχή δοκιμαστικών ελέγχων Jaakonmeri στην Φινλανδία .	- 46 -
Εικόνα 31. Δορυφορική απεικόνιση θαλάσσιου περάσματος Περάματος-Σαλαμίνας.....	- 46 -
Εικόνα 32. Τεχνολογικοί τομείς υποστήριξης και προστασίας της Κυβερνοασφάλειας των αυτόνομων πλοίων	- 46 -



Εικόνα 33. Σχηματική απεικόνιση των πεδίων που απαρτίζουν και εσωκλείονται στον όρο διαχείριση ενέργειας.....	- 46 -
Εικόνα 34. Αυτόνομο σύστημα διαχείρισης εμπορευματοκιβωτίων της εταιρείας Kalmar	- 46 -
Εικόνα 35. Κεντρική μονάδα επεξεργασίας EMP Aquarius MAS CPU/AGU.....	- 46 -
Εικόνα 36. Σύστημα EnergySail	- 46 -
Εικόνα 37. Πλοίο Aquarius Eco από την Eco Marine Power	- 46 -
Εικόνα 38. Τεχνικά χαρακτηριστικά Aquarius Eco Ship.....	- 46 -

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Κατηγορίες πλοίων και Επίπεδα αυτονομίας	- 21 -
Πίνακας 2. Κίνδυνοι Ταξιδιού	- 30 -
Πίνακας 3. Κίνδυνοι κατά την πλοήγηση	- 31 -
Πίνακας 4. Κίνδυνοι εντοπισμού	- 31 -
Πίνακας 5. Κίνδυνοι ασφάλειας και εκτάκτου ανάγκης	- 32 -
Πίνακας 6. Κίνδυνοι ως προς την ασφάλεια	- 32 -
Πίνακας 7. Κίνδυνοι ως προς την ευστάθεια και την ισχύς του πλοίου	- 32 -
Πίνακας 8. Κίνδυνοι επιβατών.....	- 33 -
Πίνακας 9. Κίνδυνοι τεχνικών υποδομών	- 33 -
Πίνακας 10. Δείκτης συχνότητας	- 34 -
Πίνακας 11. Δείκτης δριμύτητας ως προς τον άνθρωπο	- 35 -
Πίνακας 12. Δείκτης δριμύτητας ως προς το πλοίο	- 35 -
Πίνακας 13. Δείκτης δριμύτητας ως προς το περιβάλλον.....	- 35 -
Πίνακας 14. Αποτελέσματα ανάλυσης κινδύνων.....	- 37 -
Πίνακας 15. Επιλογές ελέγχου κινδύνων	- 38 -
Πίνακας 16. Πιθανότητες εμφάνισης ατυχημάτων σε αυτόνομο και συμβατικό πλοίο	- 44 -
Πίνακας 17. Υπολογιζόμενος κίνδυνος σύγκρουσης και βύθισης αυτόνομου και συμβατικού πλοίου	- 44 -
Πίνακας 18. Συντελεστές που μεταβάλλουν το κόστος στο μοντέλο αυτόνομου πλοίου .	- 50 -
Πίνακας 19. Σχέδιο απασχόλησης για το κέντρο ελέγχου ξηράς.....	- 52 -
Πίνακας 20. Υποτιθέμενη σύνθεση του πληρώματος συντήρησης	- 53 -
Πίνακας 21. Αναφορά επενδυτικού και λειτουργικού κόστους κέντρου ελέγχου ξηράς ..	- 54 -
Πίνακας 22. Σύγκριση τύπων αισθητήρων από την Rolls Royce[70]	- 70 -
Πίνακας 23 Ελάχιστη καθυστέρηση εύρους ζώνης	- 82 -
Πίνακας 24. Στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής αναφορικά με τον αριθμό των	- 117 -



Συντομογραφίες

AIS	Automatic Identification System
ANS	Autonomous Navigation System
COLREGS	Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea
GPS	Global Positioning System
IACS	International Association of Classification Societies
IMO	International Maritime Organization
IT	Information Technology
LOS	Line Of Sight
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
NAVTEX	Navigational Telex
RCM	Risk Control Measure
RCO	Risk Control Options
SCC	Shore Control Centre
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea
STCW	International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers
VDR	Voyage Data Recorder
VHF	Very High Frequency
VSAT	Very Small Aperture Terminal
VTS	Vessel Traffic Services



RADAR	Radio Detection and Ranging
LOA	Level of Autonomy
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System
ISO	International Organization for Standardization
EMSA	European Maritime Safety Agency
FEMCA	Failure, Mode, Effects and Critically Analysis
CCTV	Closed-circuit television
LIDAR	Light Detection And Ranging
AAWA	Advanced Autonomous Waterborne Applications
ICT	Information And Communications Technology
IEC	International Electrotechnical Commission
INSO	International NGO Safety Organization
IMSO	International Mobile Satellite Organization
ANSSI	National Agency for the Security of Information Systems
WMN	Wireless Mesh Network
LTE	Long-Term Evolution
Li-Fi	Wireless Optical Networking Technology
PNT	Positioning, Navigation, and Timing
INS	Inertial Navigation Systems
EMP	Eco Marine Power
MRE	Marine Renewable Energy
EEDI	Energy Efficiency Design Index
MAS	Management & Automation System



MPPT	Maximum Power Point Tracking
DC	Direct Current
AC	Alternating Current
MWp	Megawatt Peak
CRC	Cyclic Redundancy Check



Κεφάλαιο 1 Τεχνολογία και Αυτοματισμός στην Ναυτιλία

1.1 Ιστορική αναδρομή

Ο Γουλιέλμο Μαρκόνι ήταν Ιταλός εφευρέτης ο οποίος πρωτοστάτησε στην ανάπτυξη της ασύρματης τηλεγραφίας. Στις 12 Δεκεμβρίου ο Μαρκόνι αφού είχε κατασκευάσει έναν ασύρματο πομπό υψηλής ισχύος προκειμένου να καλύψει τον Ατλαντικό Ωκεανό κατάφερε την κοσμοϊστορική αποστολή του πρώτου ασύρματου μηνύματος, το γράμμα 'S' από την Αγγλία στις Η.Π.Α. Το πρώτο εγχείρημα ασύρματης επικοινωνίας είχε γίνει το 1900 πάλι μέσω θαλάσσης όταν με την τεχνική του Μαρκόνι κατόρθωσαν να επικοινωνήσουν δύο Αμερικανικά πολεμικά καράβια, το *New York* και το *Massachusetts*, ενώ τους χώριζε απόσταση 30 ν. μ. Η πρόοδος των τεχνικών μέσων που εφάρμοσε συνέβαλαν στην πορεία της δυνατότητας επικοινωνίας στα 1.551 ν.μ., και σταδιακά στα 2.100 ν.μ. Το 1909 ο Marconi έλαβε το Βραβείο Νόμπελ Φυσικής γι' αυτήν την εφεύρεση.

Η ασύρματη τηλεγραφία αναγνωρίζεται πλέον ως ένα σημαντικό μέρος του εξοπλισμού των ποντοπόρων επιβατηγών καραβιών και σε ένα ταχέως αυξανόμενο βαθμό, των φορτηγών πλοίων και μικρότερων σκαφών. Έχει κερδίσει αυτή τη θέση ως απόδειξη της αξίας της, για τα καράβια που βρίσκονται σε κίνδυνο, αλλά κυρίως μέσα από την εμπειρία που αποκτήθηκε, όσον αφορά την εν γένει χρησιμότητα ως εκτεταμένο μέσο θαλάσσιας επικοινωνίας. Από τις αρχές του 20ου αιώνα η ασφαλής και γρήγορη πλοήγηση ήταν εφικτή χάρη στον έλεγχο του χρονομέτρου του καραβιού με ασύρματα σήματα του χρόνου. Για παράδειγμα, στην ομίχλη και πάλι η θέση ενός καραβιού μπορούσε εύκολα να εξακριβωθεί με ασύρματη επικοινωνία και μάλιστα με τη ρύθμιση του χρονομέτρου των πλοίων, με σφάλμα μικρότερο του ενός δευτερολέπτου.[1]

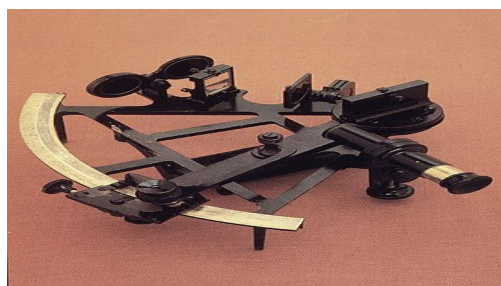


Εικόνα 1. Ο Ιταλός φυσικός Γουλιέλμο Μαρκόνι (1874-1937), εφευρέτης της ασύρματης τηλεγραφίας και του ραδιοφώνου

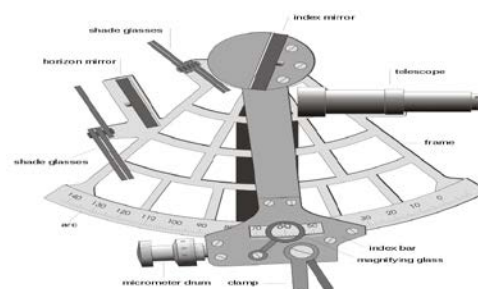
1.2 Εισαγωγή στα αυτόματα συστήματα πλοήγησης

Έτσι λοιπόν από αρχαιοτάτων χρόνων η ναυτιλία για τον άνθρωπο αποτελούσε αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής του. Συνεπώς όντας προτεραιότητα για τον ίδιο προσπαθούσε συνεχώς να βρει τρόπους να την εξελίξει και να την εκμεταλλευτεί στο μέγιστο βαθμό για την καλύτερη εξυπηρέτηση των ίδιων των αναγκών του.

Όταν λόγου χάρη επιθυμούσε να εντοπίσει το στίγμα του για την ακριβή μετακίνηση του, χρησιμοποιούσε τον ουράνιο θόλο ο οποίος περιείχε το ραδιογωνιόμετρο, τον εξάντα ως ένα μέσο ακριβούς εντοπισμού θέσης αλλά και την γυροπυξίδα, τα οποία αποτελούσαν τα πρώτα συστήματα αυτόματης πηδαλιούχησης.[2]



Εικόνα 2. Εξάντας

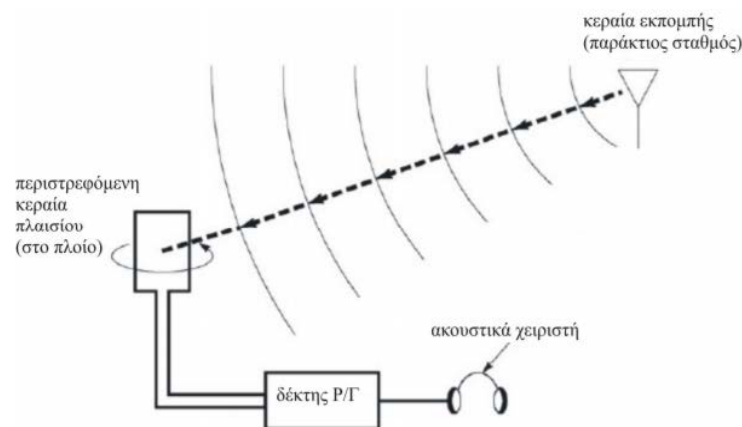


Εικόνα 3. Φερόμενα εξαρτήματα εξάντα

1.2.1 Το ραδιογωνιόμετρο

Το ραδιογωνιόμετρο ήδη από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα άρχισε να χρησιμοποιείται ως μέσο προσδιορισμού κατεύθυνσης, όντας το παλαιότερο και το πιο σημαντικό βοηθητικό μέσο πλοήγησης στον Α΄ Παγκόσμιο Πόλεμο.

Το ραδιογωνιόμετρο RDF(Radio direction finder) χρησιμοποιούσε την αίσθηση των ραδιοκυμάτων από τον σταθμό του ραδιοφωνικού πομπού με την αντίστοιχη συχνότητα μέσω των οποίων ήταν συντονισμένη. Ωστόσο είχε περιορισμό στην εμβέλεια του της τάξης των 30-50 ν.μ. αναφορικά με αποστάσεις που λαμβάνονταν μόνο από γεωγραφικά σημεία επί της πλησιέστερης ακτής. Έτσι λοιπόν ο προσδιορισμός στίγματος στην ανοιχτή θάλασσα δεν ήταν δυνατός, ενώ οι άσχημες καιρικές συνθήκες όπως βροχόπτωση επηρέαζαν αρνητικά την ομαλή λειτουργία του, καθιστώντας απαραίτητη την εύρεση ενός αξιόπιστου μέσου πλοήγησης, την γυροπυξίδα.[3]



Εικόνα 4. Αρχή λειτουργίας ραδιογωνιόμετρου

1.2.2 Η γυροπυξίδα

Το 1810 ο Γερμανός G.C Bohnenberger σχεδίασε το πρώτο γυροσκόπιο, ωστόσο η εκτενής επιστημονική του εφαρμογή και τεκμηρίωση ήρθε το 1861 από τον Γάλλο επιστήμονα Λεόν Φουκώ, που αφορούσε την παρατήρηση της περιστροφής της Γης.

Ωστόσο στις αρχές του 20^{ου} αιώνα η χρήση του γυροσκοπίου απέκτησε τεράστιο ενδιαφέρον και ώθησε τον Γερμανό εφευρέτη Hermann Anschütz-Kaempfe στην εφαρμογή του σαν γυροσκοπική πυξίδα, για χρήση σε υποβρύχια εξερεύνηση που αφορούσε την υποθαλάσσια ναυτιλία.



Έτσι λοιπόν με την πάροδο των χρόνων και με την επικείμενη εξέλιξη αυτού του συστήματος, πληθώρα εφαρμογών εκμεταλλεύτηκαν την γυροσκοπική πυξίδα. Αυτές ήταν:

- Ακριβής ναυτιλία
- Συστήματα αυτόματου πιλότου
- Συστήματα αδρανειακής ναυτιλίας
- Μηχανισμοί σταθεροποίησης

Στις αρχές όμως του 20^{ου} αιώνα και όσο οι ανάγκες για αξιόπιστη διατήρηση πορείας στους ωκεανούς αυξάνονταν και ιδιαίτερα στους πόλους, ώθησαν τον Δρ. Hermann Anschütz-Kaempfe στην ανάπτυξη κατάλληλου μέσου διατήρησης πορείας, μέσω του εντοπισμού γεωγραφικής βόρειας κατεύθυνσης με την βοήθεια γυροσκοπίου.

Έτσι λοιπόν το έτος 1904 αναγνωρίζεται ως κομβική χρονική στιγμή, καθώς είχε εφεύρει την πρώτη γυροπυξίδα παγκοσμίως, που θα εφαρμοζόταν σε πλοία.[3]

Ωστόσο το 1909 ο Αμερικανός Elmer Sperry κατάφερε την περαιτέρω ανάπτυξη του γυροσκοπίου, αναφορικά με τις μεταβολές που οφείλονται στον μαγνητισμό της γης. Επιπροσθέτως θεωρείται ο εφευρέτης του αυτόματου πηδαλιούχου, ένα σύστημα που είναι υπεύθυνο για την σταθεροποίηση της πορείας του πλοίου σε όλες τις καιρικές συνθήκες. Μάλιστα το 1916 στο Κίελο, το πρώτο σύστημα αυτόματης πηδαλιούχησης ναυσιπλοΐας, εφαρμόστηκε σε ένα Δανικό επιβατηγό πλοίο από την εταιρεία Anschütz.

Από εκείνη την χρονική περίοδο και μέχρι το τέλος του Β' Παγκοσμίου πολέμου, πανεπιστήμια από όλο τον πλανήτη διενεργούσαν έρευνες που αφορούσαν την εξέλιξη και την δημιουργία νέων ραδιοναυτλιακών συστημάτων που θα προσέφεραν, τον αξιόπιστο προσδιορισμό αποστάσεων μέσω εκπομπής και λήψης ραδιοκυμάτων και του χρόνου διάδοσής τους, αλλά και την ακριβή εκτίμηση θέσης μέσω εκπεμπόμενων ραδιοκυμάτων από παράκτιους σταθμούς. Βέβαια όλες αυτές οι λαμπρές εφευρέσεις όπως το ραντάρ και τα συστήματα υπερβολικής ναυτιλίας αξιοποιήθηκαν πλήρως, μόνο κατά τον Α' Παγκόσμιο πόλεμο ως εκ τούτου για στρατιωτικές ανάγκες [3]

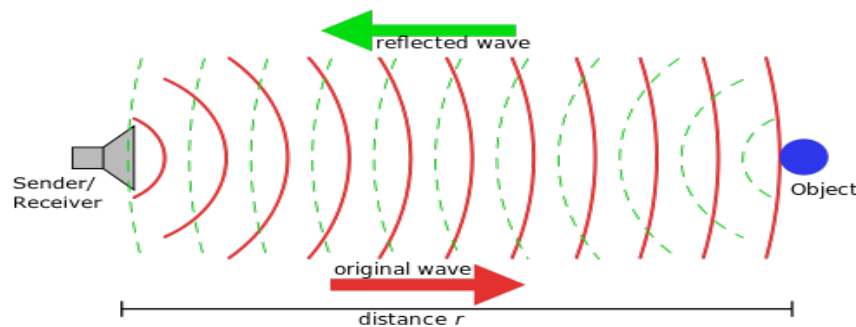


Εικόνα 5. Γυροσκοπική πυξίδα από τον εφευρέτη Herman Anschütz-Kaempfe το 1903

1.2.3 Το ραντάρ

Το 1920 ο εφευρέτης Albert W. Hull καρπώνεται μια εξαιρετικά σημαντική ανακάλυψη, την πρώτη λυχνία megatron. Η κύρια λειτουργία της βασίζεται στην παραγωγή υψηλής ισχύος ηλεκτρομαγνητικών σημάτων μικροκυμάτων.

Αυτή η εφεύρεση αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην ανάπτυξη της ασύρματης επικοινωνίας. Ως αποτέλεσμα ήταν να αυξηθούν οι αποστάσεις επικοινωνίας, η ποιότητα των σημάτων να γίνει καλύτερη αλλά και η βελτιστοποίηση των τεχνικών μετάδοσης και εκπομπής βασικών στοιχείων σημάτων. Η λέξη ραντάρ (RADAR) σημαίνει ανίχνευση με ηλεκτρομαγνητικά κύματα και μέτρηση αποστάσεως (Radio Detection and Ranging). Το ραντάρ αναπτύχθηκε κατά κόρον κατά την διάρκεια του Β' Παγκοσμίου πολέμου, όντας εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο εντοπισμού θέσης αντιπάλων. Ωστόσο το 1944 άρχισε σταδιακά να εισάγεται στα εμπορικά πλοία, ενώ ήδη μέσα στις επόμενες δεκαετίες είχε αρχίσει να εξελίσσεται και να υιοθετείται από πολλά πλοία, έχοντας βελτιώσει εξαιρετικά την αυτόματη υποτύπωση της ναυτιλιακής κινήσεως [4].



Εικόνα 6. Η αρχή λειτουργίας του ραντάρ βασίζεται στην εκπομπή και λήψη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μετά από ανάκλαση σε κάποιο αντικείμενο.

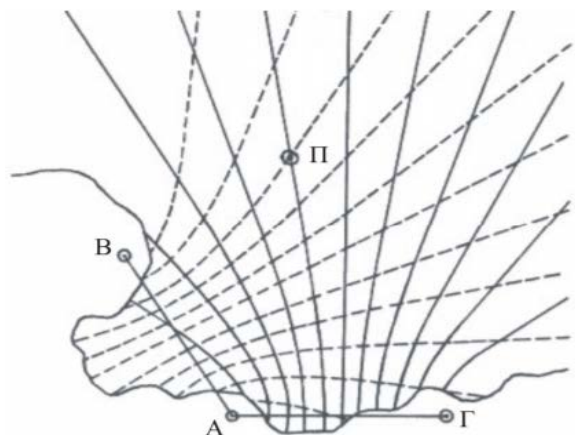
1.2.4 Συστήματα υπερβολικής ναυτιλίας

Αυτού του είδους τα συστήματα χρησιμοποιούν την ίδια αρχή λειτουργίας. Στον Α΄ Παγκόσμιο πόλεμο αποτέλεσαν, ένα εξαιρετικά σημαντικά αξιόπιστο σύστημα εύρεσης θέσεως πυροβόλων του εχθρού. Ουσιαστικά είναι ένα σύστημα πλοήγησης που δημιουργεί υπερβολικές γραμμές, μετρώντας την διαφορά φάσης στους χρόνους υποδοχής μεταξύ ραδιοσημάτων, από δύο ή περισσότερους συγχρονισμένους πομπούς αποστολής σημάτων.

Τα συστήματα υπερβολικής ναυτιλίας που εξελίχθηκαν κατά τον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο ήταν τα DECCA, CONSOL και LORAN. Ήταν ικανά να εκτιμήσουν το στίγμα του πλοίου, μέσω απορρόφησης και επεξεργασίας ραδιοσημάτων, τα οποία μεταδίδονταν μέσω συγκεκριμένων κέντρων ξηράς σε παράκτιες αποστάσεις πολύ μεγαλύτερες από την εμβέλεια του ραδιογωνιόμετρου και του ραντάρ [5].

Η αρχή λειτουργίας με την οποία υπολογίζεται η θέση του πλοίου υπολογίζεται μέσω της τομής δύο υπερβολικών γραμμών θέσεως, οι οποίες προκύπτουν ως εξής:

- Η 1η υπερβολική γραμμή θέσεως προκύπτει από τη μέτρηση της διαφοράς των αποστάσεων του καραβιού από τους σταθμούς Α και Β.
- Η 2η υπερβολική γραμμή θέσεως προκύπτει από τη μέτρηση της διαφοράς των αποστάσεων του καραβιού από τους σταθμούς Α και Γ



Εικόνα 7. Προσδιορισμός θέσεως (στίγματος) υπερβολικής ναυτιλίας

1.3 Εξέλιξη αυτοματοποιημένων συστημάτων πλοήγησης στον 21^ο αιώνα

Με την πάροδο των χρόνων και φυσικά με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας, έλαβε χώρα το σύστημα των δορυφόρων ως μέσο εντοπισμού ακριβούς στίγματος των πλοίων. Έπειτα η ανάγκη για εκσυγχρονισμό αυτού του συστήματος, οδήγησε στην εγκατάσταση επίγειων σταθμών, που είχαν ως κύριο σκοπό την διόρθωση πιθανών αποκλίσεων μεταξύ του δορυφόρου και της πραγματικής θέσης του πλοίου.[6]

Έτσι λοιπόν η συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη για αξιόπιστη και ασφαλής ναυσιπλοΐα με γνώμονα την εξοικονόμηση οικονομικών αλλά και ανθρώπινων πόρων, οδήγησε στην ραγδαία εξέλιξη των βοηθημάτων αυτόματης πλοήγησης, σε τέτοιο βαθμό όπου αναπτύχθηκε και φυσικά ακόμα εξελίσσεται με σταθερά αλλά προοδευτικά βήματα, η τεχνολογία των αυτόνομων οχημάτων. Στην εποχή μας, οι θαλάσσιες μεταφορές εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης αντιμετωπίζουν σημαντικές προκλήσεις, όπως η σημαντική αύξηση του όγκου μεταφορών και κυρίως οι αυξανόμενες περιβαλλοντικές απαιτήσεις των θεσμών σε συνδυασμό με την επερχόμενη μείωση του ανθρώπινου δυναμικού, όσον αφορά το επάγγελμα των ναυτικών.



Επομένως αυτά τα στοιχεία αποτελούν τροχοπέδη, για την εξέλιξη της ναυτιλίας και χρήζουν ιδιαίτερη βαρύτητα μελλοντικά. Έτσι λοιπόν η ευρηματική ιδέα του αυτόνομου πλοίου προσφέρει την δυνατότητα να εξαλειφθούν τέτοιου είδους προκλήσεις, καθώς όχι μόνο προσφέρει την αποτελεσματικά ανταγωνιστικότερη λειτουργία του πλοίου σε συνδυασμό με αυξημένες περιβαλλοντικές επιδόσεις, μέσω της μείωσης των εκλυόμενων ρύπων, αλλά ωθεί την ναυτιλία να αποκτήσει ένα πιο κοινωνικά βιώσιμο χαρακτήρα, μολονότι οι μειωμένοι χρόνοι πλεύσης των ναυτικών, προσφέρονται για αφιέρωση στην οικογένεια τους.

Συνεπώς στην παρούσα διπλωματική εργασία θα αναλύσουμε τα αυτόνομα πλοία, τα οποία βρίσκονται στο απόγειο της τεχνολογικής αλλά και επιστημονικής κοινότητας, καθώς αποτελούν την αιχμή του δόρατος της σύγχρονης ναυτιλίας και ως εκ τούτου εγείρουν το ενδιαφέρον των ναυτιλιακών εταιρειών, βιομηχανιών αλλά και της ευρύτερης παγκόσμιας κοινότητας.[6]

Παρατηρώντας προσεκτικά λοιπόν τις τάσεις της ναυτιλιακής βιομηχανίας και έχοντας ως κύριο γνώμονα το χαμηλό κόστος εφαρμογής εξελιγμένων συστημάτων πλοήγησης - πληροφοριών και τηλεπικοινωνιών, σε σχέση με τα πλέον αποτελεσματικά και ουσιώδη αποτελέσματα που προσφέρουν κατά την διάρκεια μιας ομαλής και ασφαλούς απομακρυσμένης πλοήγησης, συνεχώς αναπτύσσουν τεχνολογίες και σχεδιάζουν τέτοια συστήματα ικανά πλέον, ώστε η τότε ουτοπική ιδέα για κατασκευή πλήρως αυτόνομων πλοίων, τώρα να γίνει πραγματικότητα.

Ήδη εταιρείες κολοσσοί όπως η Rolls-Royce και η Wilhelmsen-Kongsberg ενώνουν τις δυνάμεις τους για να εφαρμόσουν το επόμενο καινοτόμο βήμα στον τομέα της ναυτιλίας, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη αλυσίδα αξίας για αυτόνομα πλοία, αρχής γενομένης από τον σχεδιασμό και την υλοποίηση έως και τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου, τις υπηρεσίες logistics και φυσικά τις κύριες λειτουργίες των πλοίων. Μάλιστα οι εταιρείες δηλώνουν πως κύρια στρατηγική τους είναι η ανάπτυξη υποδομών όπως χερσαία κέντρα ελέγχου παρακολούθησης αυτόνομων πλοίων καθώς και προηγμένες λύσεις παροχής εφοδιασμού σε θαλάσσιες αυτόνομες επιχειρήσεις. Θεωρείται λοιπόν πως η αυτόνομη τεχνολογία θα μειώσει σε μεγάλα ποσοστά τα κόστη σε όλα τα επίπεδα και μακροπρόθεσμα θα αποφέρει σημαντικά έσοδα, τόσο στις αυτόνομες επιχειρήσεις όσο και στις ναυτιλιακές εταιρείες, προσφέροντας τα βέλτιστα περιθώρια ανάπτυξης.[7]



Βασικό ορόσημο λοιπόν της ταχείας ανάπτυξης της συγκεκριμένης τεχνολογίας από τις εταιρείες που αναφέραμε, αποτελεί και η δημιουργία του πρώτου αυτόνομου πλοίου Yara Birkeland τον Μάιο του 2017.

Αποτελεί ουσιαστικά το πρώτο ολοκληρωτικά ηλεκτρικό πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων παγκοσμίως, το οποίο σύμφωνα με την εταιρεία Massterly έως το 2020 θα είναι πλήρως αυτόνομο. Ωστόσο είναι πολύ σημαντικό να τονίσουμε πως οι εταιρείες σχεδιάζουν και αναπτύσσουν τα αυτόνομα πλοία, ώστε έως το 2035 να είναι πλήρως λειτουργικά και αυτόνομα, με τέτοιο τρόπο που να καθιστά ασφαλή και αξιόπιστη την πλεύση τους σε ανοιχτές πλέον θάλασσες.[8]



Εικόνα 8. Autonomous M/V Yara Birkeland



Εικόνα 9. Rolls-Royce remote-autonomous vessel

1.3.1 Εισαγωγή στο Αυτόνομο Πλοίο

Σε αυτό το σημείο λοιπόν είναι πολύ χρήσιμο να κατανοήσουμε πλήρως την ορολογία του αυτόνομου πλοίου. Αναλύοντας λοιπόν την λέξη αυτόνομο, παρατηρούμε ότι περιλαμβάνει τις λέξεις “αυτός” και “νέμω”. Από το αποτέλεσμα της σύνθεσης αυτών των δύο λέξεων προκύπτει μια πλήρως αυτόνομη και ανεξάρτητη οντότητα, ικανή να λάβει μόνη της αποφάσεις.[9]

Ωστόσο ένα σημαντικό εργαλείο προσδιορισμού του μέτρου αυτονομίας είναι τα επίπεδα αυτονομίας (Level of Autonomy-L.O.A), όπου εκφράζουν τον βαθμό αυτονομίας ενός συστήματος. Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας επιπέδων αυτονομίας όπως έχει κατηγοριοποιηθεί κατά BUREAU VERITAS.



Ο συγκεκριμένος πίνακας αναλύει τα επίπεδα αυτονομίας ανά κατηγορία πλοίου, έχοντας ως γνώμονα ορισμένους εξαιρετικά σημαντικούς πυλώνες διάκρισης όπως είναι, αρχικά εάν το σύστημα μας δηλαδή το πλοίο είναι επανδρωμένο η όχι, επιπροσθέτως ποια είναι η μέθοδος ελέγχου και τέλος ποιος είναι υπεύθυνος για την λήψη και την έναρξη των τελικών αποφάσεων.

Πρόκειται λοιπόν για ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο προσδιορισμού του μέτρου αυτονομίας ενός πλοίου, το οποίο μας καθιστά ικανούς να κατανοήσουμε επαρκώς σε αρχικό στάδιο, τον τρόπο με τον οποίο καθορίζεται και λειτουργεί ένα αυτόνομο πλοίο.[10]

Κατηγορία Πλοίου	Επίπεδο Αυτονομίας	Επανδρωμένα	Μέθοδος Ελέγχου	Αρχή λήψης αποφάσεων	Έναρξη δράσεων από	
Συμβατικό	0	Ανθρώπινη λειτουργία	Ναι	Αυτόματες ή χειροκίνητες λειτουργίες υπό την ανθρώπινη επίβλεψη	Ανθρώπος	Ανθρώπος
Έξυπνο	1	Κατευθυνόμενο από άνθρωπο	Ναι/Όχι	Υποστήριξη αποφάσεων Ο άνθρωπος λαμβάνει αποφάσεις και δράσεις	Ανθρώπος	Ανθρώπος
Αυτόνομο	2	Ανθρώπινη εξουσιοδότηση	Ναι/Όχι	Ο άνθρωπος επιβεβαιώνει τις αποφάσεις	Ανθρώπος	Σύστημα
	3	Ανθρώπινη επίβλεψη	Ναι/Όχι	Το σύστημα δεν αναμένει επιβεβαιώσεις Ο άνθρωπος πάντα ενημερώνεται για τις δράσεις και τις αποφάσεις	Λογισμικό	Σύστημα
	4	Πλήρως αυτόνομο	Όχι	Το σύστημα δεν αναμένει επιβεβαιώσεις Ο άνθρωπος ειδοποιείται μόνο στην περίπτωση έκτακτης ανάγκης	Λογισμικό	Σύστημα

Πίνακας 1. Κατηγορίες πλοίων και Επίπεδα αυτονομίας

Η υλοποίηση της καινοτόμου τεχνολογίας των αυτόνομων πλοίων είναι αποτέλεσμα του ευρωπαϊκού έργου MUNIN(Marine Unmanned Navigation through Intelligence in Networks), ενός προγράμματος το οποίο αποτελεί ένα ερευνητικό πρόγραμμα συνεργασίας συγχρηματοδοτούμενο από τις Ευρωπαϊκές Επιτροπές, υπό την αιγίδα του έβδομου πλαισιακού προγράμματος.



Το συγκεκριμένο πρόγραμμα ολοκληρώθηκε τον Ιούνιο του 2016 και ουσιαστικά αποσκοπούσε, στην ανάπτυξη και εφαρμογή της καινοτόμου ιδέας για ένα αυτόνομο πλοίο. Το πλοίο αυτό θα ελέγχεται και θα καθοδηγείται επί το πλείστον από εγκατεστημένα αυτοματοποιημένα συστήματα, σε συνδυασμό με απομακρυσμένο έλεγχο από χειριστή ο οποίος θα λαμβάνει χώρα, μέσω ενός κέντρου ελέγχου ξηράς (SCC-Shore Control Centre) [11].

Ωστόσο έχουν αναπτυχθεί δικλείδες ασφαλείας ώστε σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης όπως, αδυναμία απομακρυσμένου ελέγχου ή έλλειψη σύνδεσης με τα κύρια αυτοματοποιημένα συστήματα, να υπάρχει συγκεκριμένο πρωτόκολλο με αναλυτικά στάδια αρχικοποίησης σύνδεσης με το πλοίο, με στόχο την ασφαλή και ουσιαστικό επανέλεγχο των συστημάτων πλοήγησης από τον ανθρώπινο παράγοντα.

Συγκεκριμένα στην περίπτωση όπου η αυτοματοποιημένη πλοήγηση αποτύχει, τότε τον έλεγχο του πλοίου αναλαμβάνει το κέντρο ελέγχου ξηράς. Ωστόσο εάν υπάρξει δυσλειτουργία μεταξύ κέντρου ελέγχου ξηράς και πλοίου, τα ινία πλέον αναλαμβάνει το ίδιο το λογισμικό του πλοίου, όντας προγραμματισμένο να οδηγήσει το πλοίο στον ασφαλέστερο κοντινό προορισμό. Σε αυτή την λειτουργία βέβαια αρωγός θα είναι και ο ανθρώπινος παράγοντας, καθώς εξειδικευμένο πλήρωμα θα μεταβαίνει στο πλοίο μέσω του συστήματος ‘rendezvous’.

Έτσι λοιπόν αυτή η άρρηκτη επικοινωνία που εγκαθιδρύεται μεταξύ κέντρου ελέγχου ξηράς και αυτοματοποιημένων συστημάτων, αποτελεί κομβικό παράγοντα στην εξέλιξη αυτής της τεχνολογίας. Αποτελεί θα λέγαμε την πεμπουσία αυτής της τεχνολογίας, διότι εξασφαλίζει την ασφαλή λειτουργία του πλοίου, θέτοντας το αυτόνομο υπό πολλές μορφές συνδυαστικών υλοποιήσιμων λειτουργιών με κύριο γνώμονα, την ουσιαστική αλληλεξάρτηση ανθρώπινου παράγοντα και αυτοματοποιημένων διαδικασιών [12].

Ωστόσο το αυτόνομο πλοίο ακολουθεί δυο μοντέλα υλοποίησης, δηλαδή είτε πλήρως αυτόνομο είτε εναλλακτικά τηλεχειριζόμενο. Στην πρώτη εκδοχή τον πλήρη έλεγχο του πλοίου αναλαμβάνουν εξολοκλήρου τα αυτόματα συστήματα λήψης αποφάσεων, ενώ στην περίπτωση του τηλεχειριζόμενου, οι αποφάσεις λαμβάνονται από το κέντρο λήψης αποφάσεων στην στεριά από το λεγόμενο, Shore Control Centre.



Βασιζόμενοι λοιπόν σε αυτήν την τεράστια αλληλεξάρτηση, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι το αυτόνομο πλοίο είτε τηλεχειριζόμενο είτε πλήρως αυτόνομο, αποτελεί ένα σύστημα το οποίο συνδυάζει βιομηχανικά συστήματα ελέγχου και εξελιγμένα συστήματα πληροφορικής[12].

1.4 Διαφορές Συμβατικού, Τηλεχειριζόμενου και πλήρως Αυτόνομου πλοίου

Η κοινή βάση η οποία θα αποτελεί και την απαρχή της τεχνολογίας του αυτόνομου πλοίου, οφείλει να ακολουθεί πιστά την κάτωθι λογική αναφορικά, με τις εκάστοτε λειτουργίες και δραστηριότητες του πλοίου. Έτσι λοιπόν τα βασικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα είναι αρχικά:

- Η συλλογή δεδομένων από το σύστημα, το οποίο δέχεται σαν είσοδο όλα τα δεδομένα των αισθητήρων του πλοίου
- Η επεξεργασία φυσικά των ανωτέρω εισερχόμενων δεδομένων
- Επιπροσθέτως να διαθέτει ικανότητα λήψης κρίσιμων αποφάσεων, όπως λόγω χάρη η ανάγκη για αποφυγή εμποδίου η μείωσης ταχύτητας, όταν κριθεί αναγκαίο
- Τέλος και πολύ σημαντικό να είναι το σύστημα σε θέση να εφαρμόσει πλήρως και επιτυχημένα τις αποφάσεις που έχει λάβει στο προηγούμενο στάδιο

Με βάση λοιπόν την λογική που απαιτείται να ακολουθεί ένα σύστημα αυτόνομου πλοίου ώστε να θεωρείται αποδοτικό, καταλαβαίνουμε πως οι διαφορές μεταξύ συμβατικού πλοίου και αυτόνομου δεν προσδιορίζονται μόνο στην παρουσία του ανθρώπινου παράγοντα αλλά κυρίως, σε τι βαθμό και πόσο άμεσα είναι ικανό το ίδιο το πλοίο να επεξεργαστεί δεδομένα και να λάβει αντίστοιχες αποφάσεις, σε σχέση με το ανθρώπινο δυναμικό ενός συμβατικού πλοίου. Αυτό το κρίσιμο χαρακτηριστικό αποτελεί θα λέγαμε και την ειδοποιό διαφορά μεταξύ των δύο κατηγοριών πλοίων[13].



1.4.1 Συμβατικά Πλοία

Αυτής της κατηγορίας πλοία διαθέτουν ικανά και σημαντικά συστήματα όπως είναι:

Το AIS (Automatic Identification System), το οποίο είναι ένα σύστημα αυτόματης ανταλλαγής ψηφιακών σημάτων μεταξύ πλοίων, αλλά και παράκτιων συστημάτων κυκλοφορίας πλοίων, στη συχνότητα των κυμάτων VHF (Very High Frequency).

Επίσης το GPS (Global Positioning System) κατέχει σημαντικότατο ρόλο στην πλοήγηση του πλοίου, καθώς παρέχει δεδομένα σχετικά με την θέση που βρίσκεται το πλοίο. Επιπροσθέτως στο πλοίο υπάρχουν εγκατεστημένα λειτουργικά συστήματα τα οποία μέσω αισθητήρων, παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο αναφορικά με τα κύρια λειτουργικά μέρη του πλοίου, όπως θερμοκρασία και στροφές κινητήρα, ποσότητα καυσίμου κλπ.[14]. Ωστόσο να μην τα παραπάνω συστήματα είναι ικανά να λαμβάνουν δεδομένα και να ειδοποιούν το πλήρωμα, όπως ορίζει η πρώτη συνθήκη του αυτόνομου πλοίου αλλά δεν είναι σε θέση να επεξεργαστούν και να αναλύσουν αυτές τις πληροφορίες και πολύ περισσότερο να λάβουν αποφάσεις. Βέβαια τις τελευταίες δεκαετίες η εισαγωγή του λειτουργικού συστήματος e-navigation[15], αποτελεί μια πιο εκσυγχρονισμένη έκδοση των συστημάτων πλοήγησης, καθώς επιτρέπει σε μικρό βαθμό και σε ορισμένες περιπτώσεις το σύστημα πλοήγησης να αναλύει τα δεδομένα που λαμβάνει σαν είσοδο.

Παρόλα αυτά στα συμβατικά πλοία ο ανθρώπινος παράγοντας αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι τις εύρυθμης λειτουργίας του πλοίου, καθώς η παρουσία του κρίνεται απαραίτητη τόσο στον έλεγχο των εισερχόμενων δεδομένων και στην ολοκλήρωση των λειτουργιών, όσο και στον έλεγχο του πλοίου αναφορικά με διάφορες καταστάσεις όπως οσμή καπνού, άκουσμα ιδιαίτερων ήχων που μπορεί να προδίδουν βλάβη σε σημαντικά μηχανικά μέρη του πλοίου.



1.4.2 Ημιαυτόνομα-Έξυπνα Πλοία

Τα ημιαυτόνομα πλοία η όπως αλλιώς αναφέρονται στην βιβλιογραφία ως τηλεχειριζόμενα, διαθέτουν το πλεονέκτημα ότι συνδυάζουν τις λειτουργίες τόσο του συμβατικού όσο και του αυτόνομου ως ένα βαθμό. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούν τα συμβατικά αξιόπιστα συστήματα παροχής πληροφοριών πλοήγησης η θέσης, όπως το AIS, GPS ή το GMDSS(Global Maritime Distress and Safety System) για διασπορά πληροφοριών ναυτικής ασφαλείας[14], με την διαφορά ότι όλα αυτά τα δεδομένα που περισυλλέγονται επεξεργάζονται από ένα κεντρικό σύστημα ανάλυσης δεδομένων το οποίο είναι εγκατεστημένο στην στεριά.

Σε αυτό το κέντρο ελέγχου όλοι οι απαραίτητοι χειρισμοί, η ουσιαστική αξιοποίηση των παρεχόμενων πληροφοριών και οι επεμβάσεις εκτάκτου ανάγκης, λαμβάνουν χώρα διά πλήρως αυτοματοποιημένων συστημάτων. Επομένως αυτή η κατηγορία πλοίου αποτελεί το ενδιάμεσο στάδιο για το οποίο έχει ήδη αναπτυχθεί και εφαρμόζεται η κατάλληλη τεχνολογία.

1.4.3 Αυτόνομα Πλοία

Ενώ όπως είδαμε, τα ημιαυτόνομα πλοία λειτουργούν συνδυαστικά με τα συμβατικά αντιθέτως, τα αυτόνομα πλοία λειτουργούν με πλήρως αυτόνομα λειτουργικά συστήματα, καθώς είναι ικανά τόσο να δρουν αυτοβούλως όσο και να λαμβάνουν ουσιαστικές αποφάσεις. Με την προϋπόθεση ότι για να λειτουργήσουν αξιόπιστα τα συγκεκριμένα συστήματα, απαιτείται ανάλογο λειτουργικό σύστημα ορθής αξιολόγησης των παρεχόμενων δεδομένων, το οποίο θα αντικαταστήσει τον ανθρώπινο συμβατικό έλεγχο ολοκληρωτικά[16].



Κεφάλαιο 2 Κατευθυντήριες γραμμές αυτόνομης ναυτιλίας

Σε αντίθεση λοιπόν με την συμβατική ναυτιλία, η αυτόνομη ναυτιλία αποτελεί μία ιδιαίτερα εξέχουσα ευκαιρία για τους εμπλεκόμενους στον κλάδο της ναυτιλίας να βελτιώσουν τόσο την ασφάλεια και την αξιοπιστία του κλάδου αυτού, αλλά και ασφαλώς να μειώσουν τις δαπάνες και τα κόστη που επωμίζονται οι εταιρείες σε όλα τα επίπεδα.

Έτσι λοιπόν ενώ η μία όψη, δηλαδή ότι τα πληροφοριακά και τα επικοινωνιακά συστήματα εγκαθιδρύουν την αυτονομία στην ναυτιλιακή βιομηχανία είναι πλέον γεγονός, πρέπει να αναλύσουμε και την άλλη όψη, καθώς αυτές οι νέες τεχνολογίες, υποδηλώνουν νέους κινδύνους που πρέπει να εντοπιστούν εις βάθος και κάθε είδους ρίσκο να ελαχιστοποιηθεί στο έπακρο, κατά τον σχεδιασμό ενός αυτόνομου πλοίου[17].

Αυτό το κεφάλαιο λοιπόν είναι πολύ σημαντικό, διότι θα καθοριστούν οι βασικές συστάσεις που απαιτούνται, σύμφωνα με διεθνείς οργανισμούς και εταιρείες πιστοποίησης, όπως η BUREAU VERITAS, αναφορικά με τον σχεδιασμό και την λειτουργία των συστημάτων με απώτερο σκοπό την βελτίωση της αυτονομίας στην ναυτιλία.

Συγκεκριμένα οι κατευθυντήριες γραμμές έχουν σαν κύριο σκοπό, στο να επικεντρωθούν κυρίως σε αυτόνομα πλοία χωρητικότητας 500 GT (Gross Tonnage) και άνω. Ωστόσο εξαίρεση αποτελούν τα μικρότερα πλοία, μήκους τυπικά κάτω των 20 μέτρων και φυσικά μη επανδρωμένα οχήματα[17].

Βέβαια είναι πολύ σημαντικό να γίνουν γνωστοί και να αναλυθούν κάποιοι όροι κλειδιά στον τομέα της αυτόνομης ναυτιλίας, οι οποίοι θα αποτελέσουν αρωγό στην προσπάθεια ανάπτυξης και κατανόησης της αυτόνομης τεχνολογίας πλοίων[17]. Συγκεκριμένα:

- Κυβερνοασφάλεια: η διατήρηση της εμπιστευτικότητας, της ακεραιότητας των δεδομένων και η διαθεσιμότητα των πληροφοριών στον κυβερνοχώρο (ISO / IEC 27032: 2012).
- Κυβερνοχώρος: αποτελεί ένα πολύπλοκο περιβάλλον που προκύπτει από την αλληλεπίδραση των ανθρώπων, λογισμικού και υπηρεσιών στο διαδίκτυο μέσω συνδεδεμένων τεχνολογικών συσκευών και δικτύων σε αυτό, το οποίο δεν υφίσταται σε φυσική μορφή (ISO / IEC 27032: 2012).



- **Εργονομία:** αποτελεί μία εφαρμοσμένη επιστήμη που μελετάει, σχεδιάζει και προσαρμόζει τον εξοπλισμό, την εργασία και το περιβάλλον ώστε να ικανοποιούνται οι ανθρώπινες ανάγκες και οι περιορισμοί και να βελτιώνεται η ασφάλεια και η άνεση (ISO 14105:2011).
- **Απόκριση:** είναι το χρονικό διάστημα μεταξύ της στιγμής στην οποία μια μονάδα ελέγχου εντολών δίνει εντολή για απόκτηση δεδομένων και της στιγμής εκείνης όπου η μεταφορά των δεδομένων έχει ολοκληρωθεί (ISO / IEC / IEEE 24765: 2010).
- **Έλεγχος:** δραστηριότητα που πραγματοποιείται ανά πάσα στιγμή από την όραση και την ακρόαση καθώς και με όλα τα διαθέσιμα μέσα σε όλες τις επικρατούσες συνθήκες, ώστε να προβεί σε πλήρη εκτίμηση της κατάστασης και του κινδύνου και να αποφευχθεί πιθανή σύγκρουση (ISO 8468: 2007).
- **Πλοήγηση:** αποτελούν όλα τα καθήκοντα που σχετίζονται με την λήψη αποφάσεων, την εκτέλεση τους αλλά και την διατήρηση της πορείας και ταχύτητας σε σχέση με την κατάσταση των υδάτων και την θαλάσσια κυκλοφορία (IACS Unified Requirements N1).
- **Αξιοπιστία:** η ιδιότητα ενός συστήματος και των επιμέρους μερών του, να εκτελεί με ακρίβεια και χωρίς αποτυχία την εκάστοτε διαδικασία (ISO/IEC 27036-3:2013).
- **Αισθητήρας:** η συσκευή που ανταποκρίνεται σε βιολογικά, χημικά ή φυσικά ερεθίσματα (όπως η θερμότητα, το φως, ανίχνευση αερίων) και παρέχει μετρηθείσα απόκριση του παρατηρηθέντος ερεθίσματος (ISO/IEC/IEEE 21451-7:2011).



- Έξυπνο πλοίο: αποτελεί γενικό όρο, για τον καθορισμό ενός συνδεδεμένου πλοίου, ικανό να συλλέγει δεδομένα από αισθητήρες και να έχει δυνατότητα επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων, προκειμένου να βοηθήσει το πλήρωμα κατά την διαδικασία λήψης αποφάσεων. Σε σύγκριση με ένα συμβατικό πλοίο, το έξυπνο πλοίο μπορεί να είναι επανδρωμένο με μειωμένο πλήρωμα η εντελώς μη επανδρωμένο, με πλήρως απομακρυσμένο έλεγχο.
- Μη επανδρωμένο πλοίο: πλοίο που δεν περιέχει πλήρωμα και είναι ικανό για ελεγχόμενη μετακίνηση. Μπορεί να ελέγχεται από απόσταση, εποπτευόμενο η πλήρως αυτόνομο.
- Σύστημα: οργανωμένος συνδυασμός αλληλοεπιδρώντων στοιχείων για την επίτευξη ενός ή περισσότερων σκοπών (ISO / IEC15288: 2008).
- Στοιχείο Συστήματος: είναι ένα μέλος ενός συνόλου στοιχείων που αποτελούν ένα σύστημα. Ένα στοιχείο συστήματος είναι ένα διακριτό τμήμα ενός συστήματος που μπορεί να εφαρμοστεί για να εκπληρωθούν οι εκάστοτε απαιτήσεις. Ένα τέτοιο στοιχείο μπορεί να είναι λογισμικό, δεδομένο, άνθρωπος, διεργασίες(λόγου χάρη διαδικασίες παροχής υπηρεσιών προς χρήστες), διαδικασίες(λόγου χάρη οδηγίες), εγκαταστάσεις, υλικά, φυσικές οντότητες όπως νερό και γενικά όποιοι άλλοι συνδυασμοί (ISO/IEC 15288:2008).
- Ακεραιότητα Συστήματος: είναι η ποιότητα ενός συστήματος επεξεργασίας δεδομένων που ικανοποιεί τον επιχειρησιακό του σκοπό. Ωστόσο εμποδίζει τους μη εξουσιοδοτημένους χρήστες να κάνουν τροποποιήσεις η να χρησιμοποιούν τους πόρους και προστατεύει τους εξουσιοδοτημένους χρήστες από το να κάνουν ακατάλληλες τροποποιήσεις η ακατάλληλη χρήση των διαθέσιμων πόρων (ISO / IEC 2382: 2015)



2.1 Ανάλυση κινδύνων και αξιολόγηση τεχνολογιών αυτόνομης ναυτιλίας κατά BUREAU VERITAS

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε την μελέτη των κινδύνων σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό BUREAU VERITAS[17] και στην συνέχεια σύμφωνα με το διεθνές πρόγραμμα της ευρωπαϊκής επιτροπής MUNIN(Maritime unmanned navigation through intelligence in networks).

Ξεκινώντας την αξιολόγηση κατά BUREAU VERITAS, θα πρέπει να σημειωθεί πως η διαδικασία αξιολόγησης των κινδύνων πρέπει να βασίζεται στις διαθέσιμες τεχνικές όπως αυτές περιγράφονται στα κάτωθι έγγραφα:[17]

- IMO MSC-MEPC.2/Circ.12 Revised Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA)
- ISO/IEC 31010:2009 Risk management - Risk assessment techniques
- ISO/IEC 27005:2011 Information technology — Security techniques — Information security risk management.

Τα στάδια της αξιολόγησης κινδύνων που θα ακολουθήσουν παρουσιάζονται με την ακόλουθη σειρά:

- Μοντέλο ενός συστήματος αυτόνομου πλοίου
- Αναγνώριση κινδύνων
- Ανάλυση κινδύνων και εξαγωγή αποτελεσμάτων
- Επιλογές ελέγχου κινδύνων για την εξάλειψη κρίσιμων κινδύνων

2.1.1 Μοντέλο αυτόνομου πλοίου

Στο πρώτο στάδιο αξιολόγησης κινδύνων, το σύστημα του αυτόνομου πλοίου συμπεριλαμβανομένων των θαλάσσιων υποδομών(SCC), πρέπει να διαχωριστεί σε επιμέρους λειτουργικά τμήματα, ώστε να καλύψει όλες τις πτυχές των λειτουργιών του αυτόνομου πλοίου.



Τα επιμέρους τμήματα διαχωρίζονται ως εξής[17]:

- Θαλάσσιο ταξίδι
- Πλοήγηση
- Ανίχνευση συνθηκών πλοήγησης και περιβάλλοντος
- Ασφάλεια και έκτακτη ανάγκη
- Ασφάλεια επικοινωνιών και ταξιδιού
- Σταθερότητα και ισχύς πλοίου
- Διαχείριση επιβατών
- Διαχείριση φορτίου
- Τεχνικές υποδομές

2.1.2 Πίνακες προσδιορισμού κινδύνων

Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι πιθανοί κίνδυνοι εν πλω σε σχέση με τις συνέπειες που μπορεί να αποφέρουν όπως σύγκρουση, βύθιση του πλοίου, η και απώλεια του. Λόγου χάρι βλέπει κανείς πως μια λανθασμένη επικοινωνία του πλοίου με το κέντρο ελέγχου ξηράς, μπορεί να αποφέρει απώλεια η σύγκρουση η ακόμα και την βύθιση του.[17]

Hazard	Consequence
Failure of ship-shore connection	Loss Collision Sinking
Failure of update (e.g. of nautical publications, weather forecasts)	Grounding Sinking
Human error in input of voyage plan	Loss
Human error in remote monitoring and control (e.g. through situation unawareness, data misinterpretation, SCC capacity overload)	Collision
Human error in remote maintenance	Loss Sinking

Πίνακας 2. Κίνδυνοι Ταξιδιού



Στον πίνακα 3 αναδεικνύονται όλοι οι πιθανοί κίνδυνοι κατά την πλοήγηση. Παραδείγματος χάρη ενδεχόμενη βλάβη στον αισθητήρα και η χαμηλή ορατότητα, μπορούν να προκαλέσουν σύγκρουση του πλοίου.

Hazard	Consequence
Heavy traffic	Collision
Heavy weather	Sinking
Low visibility	Collision
Propulsion failure	Collision Grounding
Sensor failure	Collision
Marine wildlife (e.g. whales, squids, carcasses)	Collision
Floating objects	Collision
Offshore installations	Collision

Πίνακας 3. Κίνδυνοι κατά την πλοήγηση

Στον πίνακα 4 δίνονται οι κίνδυνοι που ελλοχεύουν σε περιπτώσεις μη ορθού εντοπισμού καταστάσεων, ενδείξεων ή αντικειμένων. Στην περίπτωση που υπάρξει αποτυχημένη προσπάθεια άμεσου εντοπισμού αντικειμένων, σημάτων πλοήγησης οι συνέπειες που θα προέλθουν είναι σύγκρουση με την στεριά ή με άλλα πλοία.

Hazard	Consequence
Failure in detection of small objects (wreckage)	Collision
Failure in detection of collision targets	Collision
Failure in detection of navigational marks	Grounding
Failure in detection of ship lights and shapes	Collision
Failure in detection of semi-submerged towed or floating devices (e.g. seismic gauges, fishing trawls)	Collision
Detection of unforeseeable events (e.g. freak wave)	Sinking
Detection of considerable data discrepancy between charted water depth and sounded water depth - grounding objects	Grounding
Detection of considerable data discrepancy between weather forecast and actual weather situation	Sinking

Πίνακας 4. Κίνδυνοι εντοπισμού



Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στον πίνακα 5 είναι αναφορικά με τους κινδύνους έκτακτων καταστάσεων, όπως αποτυχία επικοινωνίας λόγω ένδειξης κινδύνου στο πλοίο η σε παραπλέοντα, η ακόμα και σε φωτιά που μπορεί να οδηγήσει σε πλήρη απώλεια του πλοίου η και σύγκρουση στην περίπτωση αποτυχημένης προσπάθειας επιδιόρθωσης ορθής εμφάνισης θέσης του πλοίου.

Hazard	Consequence
Failure in position fixing (due to e.g. GPS selective availability)	Collision
Communication failure in case of other ship in distress (e.g. message reception, relay, acknowledgment)	Loss of other ship
Communication failure in case of own ship in distress (e.g. with SCC, relevant authorities, ships in vicinity)	Loss
Fire	Loss
Water flooding - sudden hull damage	Loss

Πίνακας 5. Κίνδυνοι ασφάλειας και εκτάκτου ανάγκης

Στον πίνακα 6 φαίνεται η επίδραση στην ασφάλεια του πλοίου διαφόρων κινδύνων, όπως η δυσλειτουργία του συστήματος AIS-GPS, ακόμα και η σκόπιμη καταστροφή των υποδομών του πλοίου από τρίτους και το φαινόμενο της πειρατείας, οι οποίοι μπορούν να προκαλέσουν παράνομες δράσεις, σύγκρουση, απώλεια και φυσικά απόλυτη καταστροφή του πλοίου.

Hazard	Consequence
Willful damage to ship structures by others (e.g. pirates, terrorists)	Sinking
Attempt of unauthorised ship boarding (e.g. pirates, terrorists, stowaways, smugglers)	Illegal actions Hijack Loss
Failure of ship's IT systems (e.g. due to bugs)	Loss
Jamming or spoofing of AIS or GPS signals	Collision
Jamming or spoofing of communications, hacker attack, also on SCC (e.g. in case of pirate or terrorist attack)	Collision Grounding

Πίνακας 6. Κίνδυνοι ως προς την ασφάλεια

Ο πίνακας 7 μας υποδεικνύει πως κάθε πιθανή απώλεια ευστάθειας είτε από καταστροφή στην υποδομή του πλοίου είτε από μη επιθυμητές ενέργειες, οδηγεί άμεσα στο να βυθιστεί το πλοίο.

Hazard	Consequence
Loss of intact stability due to structural damage	Sinking
Loss of intact stability due to unfavorable ship responses (e.g. to waves)	
Loss of intact stability due to shift and/or liquefaction of cargo	
Loss of intact stability due to icing	

Πίνακας 7. Κίνδυνοι ως προς την ευστάθεια και την ισχύς του πλοίου



Οι κίνδυνοι ως προς το επιβατικό κοινό είναι εξαιρετικά μεγάλοι όπως φαίνεται στον πίνακα 8 καθώς, κάθε υπερφόρτωση επιβατών, απροθυμία των ίδιων η και παρέμβαση τρίτων στα εσωτερικά συστήματα λειτουργίας μπορεί να αποφέρει τραυματισμό, απώλεια η και πειρατεία του πλοίου ακόμα και ναυάγιο του πλοίου.

Hazard	Consequence
Too many passenger onboard (overload)	Sinking
Passenger overboard	Human injury or fatality
Passenger unwellness	Human injury
Passenger injured during arrival or departure	
Passenger interfering in an onboard system (deliberately or not)	Illegal actions Hijack Loss

Πίνακας 8. Κίνδυνοι επιβατών

Ο πίνακας 9 παρουσιάζει τους πιθανούς κινδύνους αναφορικά με δυσλειτουργίες στις τεχνικές υποδομές του πλοίου, καθώς για παράδειγμα πιθανή βλάβη στους αισθητήρες, στο σύστημα πρόωσης η απώλεια ηλεκτρισμού μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια ελέγχου η σύγκρουση.

Hazard	Consequence
Sensor / Actuator failure	Loss of control
Sensor / Actuator failure due to ship icing	Loss of observation
Temporary loss of electricity (e.g. due to black-out)	Loss of control
Permanent loss of electricity	Loss of control Grounding
Failure of ship's IT infrastructure (e.g. due to fire in the server room)	Loss of control
Part failure or total loss of propulsion system	Loss of control
Part failure or total loss of rudder function	Loss of control
Failure to drop anchor when drifting	Grounding
Unavailability of SCC (fire, environmental phenomenon...) or of operator (faintness, emergency situation, etc.)	Loss of control

Πίνακας 9. Κίνδυνοι τεχνικών υποδομών



2.1.3 Ανάλυση κινδύνων

Ο κύριος στόχος της ανάλυσης κινδύνων είναι, να ανακαλύψει τα αίτια και τις συνέπειες των πιο σημαντικών και σοβαρών σεναρίων ατυχημάτων που προκύπτουν από τους πίνακες προσδιορισμού κινδύνων. Έτσι λοιπόν το ρίσκο που προκύπτει από ένα σενάριο ατυχήματος εξαιτίας ενός κινδύνου, υπολογίζεται μέσω ενός δείκτη κινδύνου, που ουσιαστικά προκύπτει από τον συνδυασμό της συχνότητας του αιτίου και της δριμύτητας των συνεπειών του ατυχήματος. Αποτελεί ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο και η χρήση του κρίνεται απαραίτητη και αναπόσπαστη κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος αυτόνομου πλοίου, καθώς ελαχιστοποιεί πιθανές αστοχίες και καθιστά το σύστημα ασφαλέστερο[17].

Ο δείκτης συχνότητας που φαίνεται στον πίνακα 10 παρουσιάζει τον ρυθμό συχνότητας περιστατικών που μπορούν να πλήξουν μία ομάδα πλοίων. Πιο συγκεκριμένα υπολογίζεται από την πιθανότητα ενός περιστατικού να συμβεί μία φορά τον χρόνο σε ένα στόλο ορισμένων πλοίων, που βρίσκονται στην ίδια κατάσταση λειτουργικότητας. Ο δείκτης συχνότητας βασίζεται στην λογαριθμική κλίμακα που φαίνεται στον πίνακα 10.

Index	Definition	Definition	Per ship year
7	Frequent	Likely to occur once per month on one ship	10
6	Common	Likely to occur once per year on one ship	1
5	Reasonably	Likely to occur once per year in a fleet of 10 ships, i.e. likely to occur a few times during the ship's life	0,1
4	Possible	Likely to occur once per year in a fleet of 100 ships	10^{-2}
3	Remote	Likely to occur once per year in a fleet of 1000 ships, i.e. likely to occur in the total life of several similar ships	10^{-3}
2	Unlikely	Likely to occur once in the lifetime (20 years) of a fleet of 500 ships	10^{-4}
1	Extremely unlikely	Likely to occur once in the lifetime (20 years) of a world fleet of 5000 ships	10^{-5}

Πίνακας 10. Δείκτης συχνότητας

Στους πίνακες 11,12,13 παρουσιάζεται ο δείκτης δριμύτητας σε 3 στάδια. Η δριμύτητα υπολογίζεται με βάση την επίδραση των κινδύνων στον άνθρωπο, στο πλοίο και το περιβάλλον. Και σε αυτήν την περίπτωση, η δριμύτητα βασίζεται σε λογαριθμική κλίμακα που συνοψίζεται στους πίνακες 11 έως 13 αντίστοιχα [17].



Index	Definition	Human	Equivalent fatalities
1	Minor	Single or minor injuries	0,01
2	Significant	Multiple or severe injuries	0,1
3	Severe	Single fatality or multiple severe injuries	1
4	Catastrophic	Multiple fatalities	10

Πίνακας 11. Δείκτης δριμύτητας ως προς τον άνθρωπο

Index	Definition	Ship	Equivalent damage
1	Minor	Local equipment damage	0,01
2	Significant	Non-severe ship damage	0,1
3	Severe	Severe damage	1
4	Catastrophic	Total loss	10

Πίνακας 12. Δείκτης δριμύτητας ως προς το πλοίο

Index	Definition	Environment	Equivalent oil or chemical substance spill
1	Minor	Local spill	< 1 t
2	Significant	Significant local spill	1 - 100
3	Severe	Severe large spill	100 - 10 000 t
4	Catastrophic	Very large spill	> 10 000 t

Πίνακας 13. Δείκτης δριμύτητας ως προς το περιβάλλον



Σε αυτό το σημείο ακολουθεί ο δείκτης κινδύνου με βάση τον οποίο, ουσιαστικά προκύπτουν και τα αποτελέσματα της ανάλυσης, που αποτελούν και τον κύριο στόχο κατά την διαδικασία σχεδιασμού του αυτόνομου πλοίου. Ο δείκτης κινδύνων υπολογίζεται πριν από κάθε μέτρο μετριασμού καταστάσεων και λαμβάνεται σε λογαριθμική κλίμακα με την προσθήκη των δεικτών συχνότητας(Πίνακας 10) και δριμύτητας(Πίνακες 11-13).

Ο γενικός τύπος που ακολουθείται είναι ο εξής:

Δείκτης κινδύνου = Δείκτης συχνότητας + Δείκτης δριμύτητας

Τέλος είναι απαραίτητο να ληφθεί μια μήτρα κινδύνων, ώστε να διατηρηθεί ο τελικός δείκτης κινδύνου.

Για την εξαγωγή αποτελεσμάτων θα πρέπει για κάθε κίνδυνο, ο δείκτης κινδύνου να αξιολογείται με τέτοιο τρόπο ώστε να προσδιορίζονται οι υψηλότεροι πιθανοί κίνδυνοι, εξετάζοντας ωστόσο ξεχωριστά την επίδραση στον ανθρώπινο παράγοντα, στο πλοίο και στο περιβάλλον. Το όριο αναφορικά με την ανοχή κινδύνων μπορεί να εκτιμηθεί παραδείγματος χάρι, όσον αφορά οικονομικές παραμέτρους[17].

Έτσι λοιπόν στον πίνακα 14 παρουσιάζονται οι κίνδυνοι με τις αντίστοιχες συνέπειες τους, σε συνδυασμό με τον δείκτη συχνότητας και τον αντίστοιχο δείκτη δριμύτητας για κάθε περίπτωση ξεχωριστά. Οι στήλες του δείκτη κινδύνων προκύπτουν σύμφωνα με τον μαθηματικό τύπο που παρατέθηκε παραπάνω.

Δηλαδή για την περίπτωση εκδήλωσης πυρκαγιάς, με συνέπεια την απώλεια του πλοίου και με δείκτη πιθανότητας “πιθανόν”, για τον ανθρώπινο παράγοντα έχουμε δείκτη 1 που υποδηλώνει μικρούς τραυματισμούς, για το πλοίο δείκτη 4, που δηλώνει ολική καταστροφή του πλοίου και για το περιβάλλον δείκτη 2 που μεταφράζεται σε σημαντική διαρροή 1-100 τόνων χημικών, μηχανέλαιων η πετρελαίων.

Επομένως εάν αθροίσουμε στην περίπτωσή μας, τον δείκτη συχνότητας πυρκαγιάς με τον δείκτη δριμύτητας του ανθρώπου, προκύπτει ο δείκτης κινδύνου για τον ανθρώπινο παράγοντα και κατά αντίστοιχο τρόπο για το πλοίο και το περιβάλλον[17].



Hazard	Consequence	Frequency index	Severity index			Risk index		
			Human	Ship	Environment	Human	Ship	Environment
Failure of ship's IT systems (e.g. due to bugs)	Loss	3	1	4	1	4	7	4
Failure in position fixing (due to e.g. GPS selective availability)	Collision	4	2	2	1	6	6	5
Low visibility	Collision	7	2	2	1	9	9	8
Fire	Loss	4	1	4	2	5	8	6

Πίνακας 14. Αποτελέσματα ανάλυσης κινδύνων

2.1.4 Αξιολόγηση επιλογών ελέγχου κινδύνων

Οι βασικές αρχές που πρέπει να καθοριστούν κατά την διαδικασία υλοποίησης συστημάτων ελέγχου κινδύνων RCO(Risk Control Options), είναι η λήψη αποτρεπτικών μέτρων η εφαρμογή κατάλληλων συστημάτων, με απώτερο σκοπό την εξάλειψη η την μείωση των συνεπειών των πιθανών κινδύνων[17].

Οι επιλογές ελέγχου κινδύνων(RCO), αποτελούνται ουσιαστικά από μία συλλογή μέτρων ελέγχου κινδύνων, γνωστή και ως RCM(Risk Control Measure). Κάθε μελλοντική συλλογή μέτρων RCM, πρέπει να επιλέγεται με γνώμονα, αλλά χωρίς να περιορίζεται σε εκείνα, τα κάτωθι γνωρίσματα:

- Προληπτικότητα: όταν μειώνεται η πιθανότητα εκδήλωσης συμβάντος
- Μετριασμός: όταν μειώνεται η σοβαρότητα του αποτελέσματος του κινδύνου
- Μηχανική: όταν τα συστήματα ασφαλείας(ενσωματωμένα η πρόσθετα) είναι εντός προβλεπόμενου σχεδιασμού
- Έμφυτη ικανότητα: όταν οι επιλογές που λαμβάνουν χώρα γίνονται με γνώμονα τον κατάλληλο σχεδιασμό, με σκοπό την μείωση επιπέδων μελλοντικών κινδύνων
- Διαδικαστικά: όταν οι χειριστές ελέγχουν τον κίνδυνο ακολουθώντας συμπεριφορά ανάλογη, των καθορισμένων διαδικασιών ασφαλείας



Στον πίνακα 15 ακολουθούν ορισμένες τυπικές επιλογές ελέγχου κινδύνου αυτόνομων πλοίων. Παραδείγματος χάρη στην κατηγορία των αισθητήριων συστημάτων η επιλογή που ακολουθείται για τον έλεγχο κινδύνων, είναι η επιλογή εξελιγμένων αισθητήριων και συστημάτων πλοήγησης ικανά να λειτουργούν με τέτοιο τρόπο, ώστε σε πιθανή δυσλειτουργία ορισμένων συστημάτων, να μην διακόπτονται οι καθορισμένες λειτουργίες κρίσιμης σημασίας ως προς την αξιολόγηση του κινδύνου[17].

Category	Risk Control Option
Unmanned ship and Ship Control Centre	Design of SCC for a proper control and monitor.
	Suitable SCC manning as well as training of personnel.
	Absence of human is required on unmanned ship.
	Ship should be directly controlled in heavy or complex traffic.
	A ship without accommodation section is much easier to secure against stowaways in enclosed spaces.
Unmanned maintenance and technical operations	Design of aboard systems for easy maintenance and accurate monitoring of maintenance state. Must also be fast to repair.
	Need redundant power generation, distribution, propulsion and steering.
	Automated fire extinguishing systems are required in all relevant areas.
	Note that no crew makes this simpler as areas are smaller and that CO ² can be used more safely.
Heavy weather	Improved cargo monitoring and planning is required.
	Software are to be able to avoid heavy or otherwise dangerous weather – use of weather routing.
Sensors systems	Need good sensor and avoidance systems.
	Selected systems must also be redundant so that a single failure does not disable critical functions identified during the risk assessment.
Cybersecurity	Cybersecurity measures are important, including alternative position estimation based on non-GPS systems.
	The SCC may be particularly vulnerable. Data communication links must also have sufficient redundancy.

Πίνακας 15. Επιλογές ελέγχου κινδύνων

2.2 Διεθνές πρόγραμμα ευρωπαϊκής επιτροπής ποιοτικού σχεδιασμού αυτόνομου πλοίου MUNIN

Το πρόγραμμα MUNIN (Maritime unmanned navigation through intelligence in networks) περιέχει τα αποτελέσματα μίας εμπειριστατωμένης ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης της ιδέας ενός αυτόνομου πλοίου, όπως αναπτύχθηκε σύμφωνα με το πρόγραμμα MUNIN. Καλύπτει συγκεκριμένα τρεις πτυχές αυτού του project. Δηλαδή τις επιπτώσεις στην ασφάλεια-κυβερνοασφάλεια, τις οικονομικές επιπτώσεις και φυσικά το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο.

Συγκεκριμένα το πρόγραμμα MUNIN κατέδειξε κυρίως ότι το αυτόνομο πλοίο είναι τεχνικά εφικτό με την έννοια ότι ο προσδιορισμός των κινδύνων και οι αντίστοιχες επιλογές ελέγχου κινδύνων έχουν αποδειχθεί σε ποιοτικό επίπεδο επαρκείς, ώστε να καταστήσουν πλέον το μη επανδρωμένο πλοίο εφικτή έννοια.



Ωστόσο δεν έχει πραγματοποιηθεί ακόμη μια πλήρης ποσοτική ανάλυση ως προς τις επιλογές ελέγχου κινδύνου, καθώς απαιτεί έναν σαφώς πιο λεπτομερή σχεδιασμό του συστήματος. Παρόλα αυτά διεξήχθη μια εις βάθος ανάλυση των σεναρίων σύγκρουσης και γεφύρωσης του πλοίου MUNIN[18].

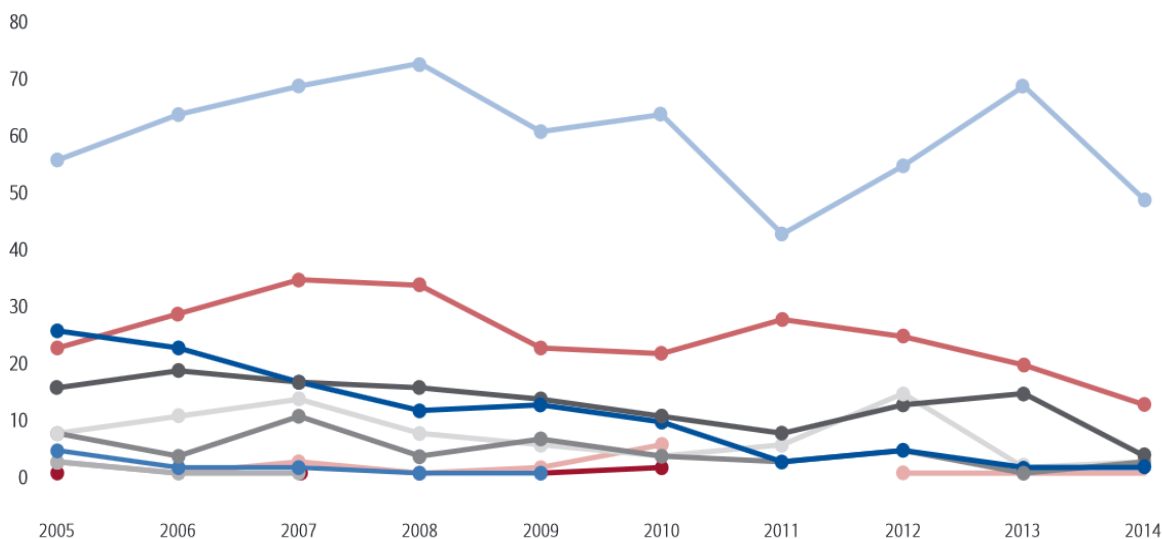
Τα αποτελέσματα από την ανάλυση αποτέλεσαν σημαντικό γνώμονα στην εξαγωγή συμπερασμάτων καθώς απέδειξαν πως οι πιθανότητες σύγκρουσης είναι πολύ μικρότερες σε σχέση με ένα συμβατικό σκάφος. Επίσης η ανάλυση που θα λάβει χώρα περιλαμβάνει αξιολόγηση της αξιοπιστίας της πρόωσης και του συστήματος διεύθυνσης, σε συνδυασμό με τα σεναρία σύγκρουσης που αποτελούν και τα κρίσιμα αναμενόμενα συμβάντα που χρήζουν ιδιαίτερη προσοχή και ανάλυση.

Στην πρώτο λοιπόν μέρος της αξιολόγησης σύμφωνα με το MUNIN project, θα αναλύσουμε την επίδραση των διαφορετικών κύριων στοιχείων ως προς την συνολική ασφάλεια του πλοίου[19]. Η ανάλυση αυτή, όπως θα παρατηρήσουμε και από τους κάτωθι πίνακες, μας έδωσε κρίσιμα συμπεράσματα καθώς μας αποδεικνύει και με αριθμητικά στοιχεία πλέον, πως η χρήση αυτόνομων πλοίων θα έχει θετικό αντίκτυπο στον τομέα της ασφάλειας ως προς τα ατυχήματα που σχετίζονται, με την απώλεια ανθρώπινης ζωής η ναυάγια και πιθανές συγκρούσεις.

Ωστόσο πολλά υποσυστήματα του αυτόνομου πλοίου θα μπορούσαν να έχουν ιδιαίτερα αρνητικό αντίκτυπο στον τομέα της ασφάλειας του κυβερνοχώρου. Επιπλέον παρατηρούμε πως ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα προσέφερε η προσθήκη του Κέντρου Ελέγχου Ξηράς, καθώς και το προηγμένο σύστημα αισθητήριων μονάδων.

Ωστόσο η έκθεση ποιοτικής ανάλυσης[20], εξέτασε περαιτέρω τα ποιοτικά αποτελέσματα των προτεινόμενων επιλογών ελέγχου κινδύνων, υπό το πρίσμα των σημαντικότερων κινδύνων που αντιμετώπιζε ένα μη επανδρωμένο πλοίο. Το συμπέρασμα που προέκυψε ήταν ότι εάν εφαρμοστούν ορθά οι διαθέσιμες επιλογές ελέγχου κινδύνων θα καθιστούσαν πράγματι ένα αυτόνομο πλοίο ασφαλέστερο σε σχέση με ένα συμβατικό.

Η ανάλυση βέβαια προέβει και σε μια πιο ποσοτική προσέγγιση, αναφορικά με τους κινδύνους ασφάλειας και προστασίας αλλά και τις επιλογές ελέγχου κινδύνων.

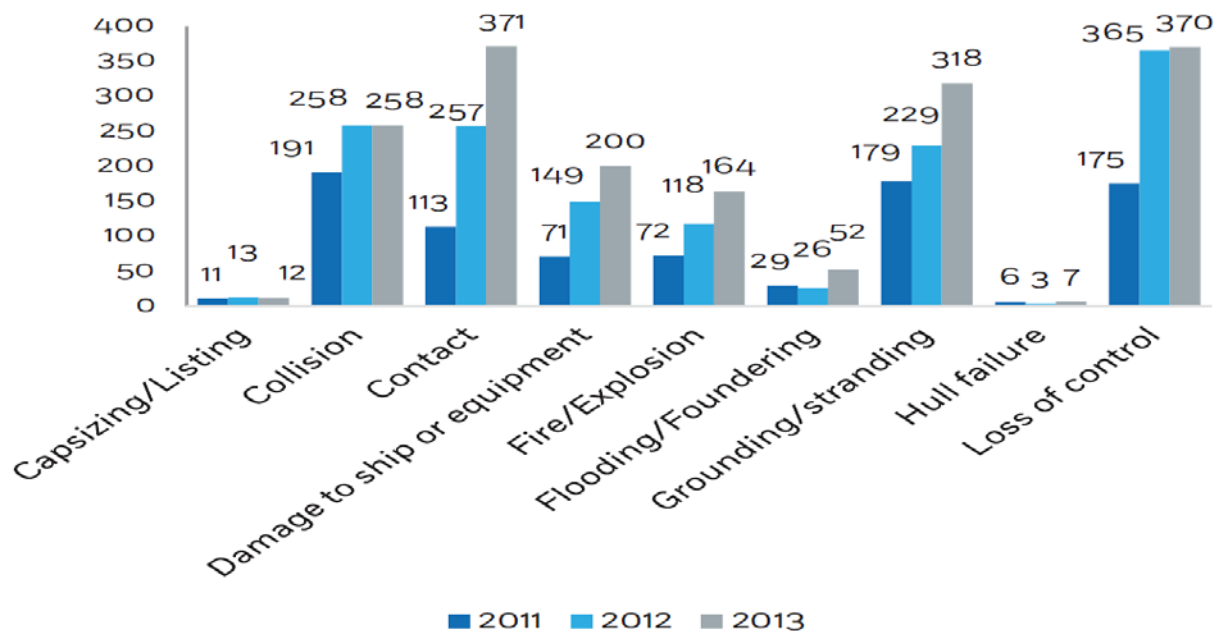


Foundered (sunk or submerged) is the main cause of loss accounting for almost half (47%) of all losses over the past decade. Wrecked/stranded (aground) is the second major cause of total losses (20%). However, such incidents have declined year-on-year since 2011.

- Collision (involving vessels)
- Contact (e.g. harbour wall)
- Foundered (sunk, submerged)
- Fire/Explosion
- Hull damage (holed, cracks, etc.)
- Missing/overdue
- Machinery damage/failure
- Piracy
- Wrecked/stranded (aground)
- Miscellaneous

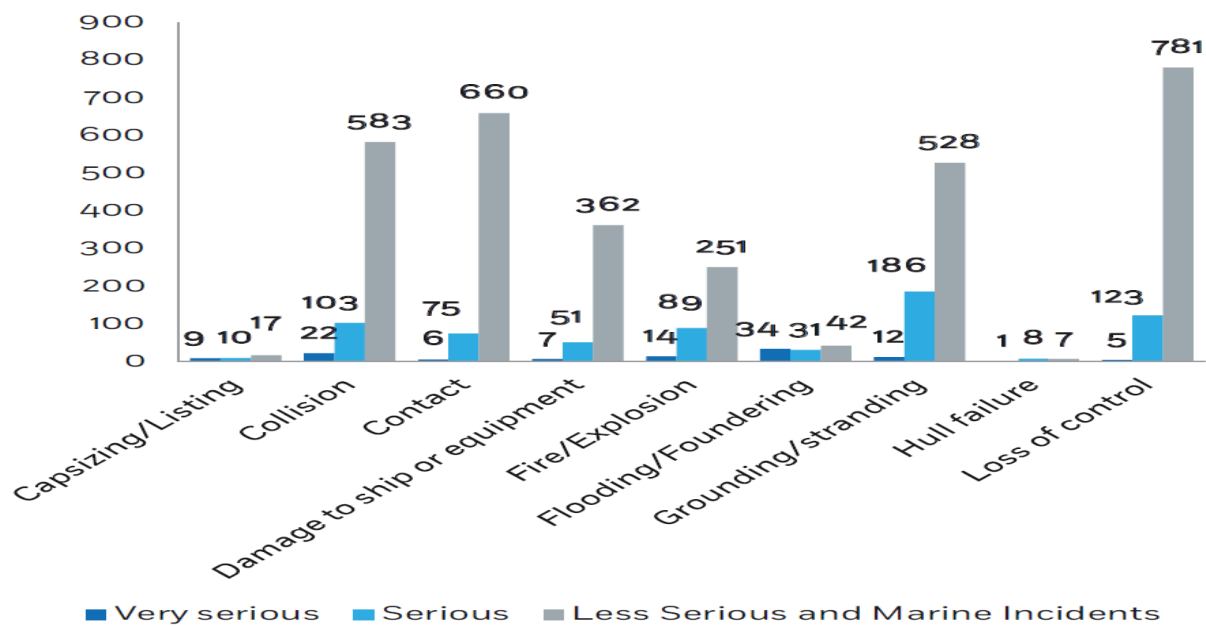
Εικόνα 10. Ποσοστά απωλειών πλοίων

Σύμφωνα με την εικόνα 10[21] παρατηρεί κανείς ότι ο κύριος καθοριστικός παράγοντας απώλειας πλοίων είναι τα ναυάγια, ενώ τα κατεστραμμένα πλοία, εκδήλωση φωτιάς και οι συγκρούσεις αποτελούν τον επόμενο σημαντικό παράγοντα. Οι μηχανικές βλάβες βρίσκονται στην τρίτη θέση ως τον επόμενο παράγοντα απώλειας πλοίων.



Εικόνα 11. Ευρωπαϊκά ατυχήματα ανά έτος και είδος

Στην εικόνα 11[22] εάν κοιτάξει κανείς όλα τα ατυχήματα, ακόμα και εκείνα που δεν έχουν προκαλέσει ολική απώλεια, θα παρατηρήσει πως η απώλεια ελέγχου αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα, καθώς σχετίζεται με δυσλειτουργίες του κινητήρα, της πρόωσης, και των πτερυγίων.



Εικόνα 12. Ευρωπαϊκά ατυχήματα ανά είδος και δριμύτητα

Στην εικόνα 12[23] παρατηρείται ότι όπως και στην εικόνα 11, οι συγκρούσεις και τα ναυάγια αποτελούν τον κυρίαρχο παράγοντα. Ωστόσο το ιστόγραμμα μας δείχνει ότι και τα μηχανικά προβλήματα έχουν τεράστια συχνότητα, ακόμα και για λιγότερα σοβαρά περιστατικά. Αυτό σημαίνει πως κατά κανόνα αυτό θα επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τα μη επανδρωμένα πλοία, ακόμα και αν τα περαστικά αυτά συνήθως δεν θα απειλήσουν ανθρώπινη ζωή.

Στις επόμενες ενότητες θα αναλύσουμε τα διαφορετικά περιστατικά κινδύνων που μπορεί να προκύψουν κατά την πλοήγηση των μη επανδρωμένων πλοίων στην ανοιχτή θάλασσα. Οι πιθανοί κίνδυνοι με την σειρά που θα αναλυθούν είναι: Σύγκρουση η βύθιση πλοίου, προσάραξη του πλοίου, Σύστημα μηχανών και πρόωσης, Εκδήλωση φωτιάς και εκρήξεων και τέλος κυβερνοασφάλεια και πειρατεία.



2.2.1 Σύγκρουση η βύθιση πλοίου

Η αρχική αξιολόγηση[24] κινδύνων βασίστηκε στην κρίση εμπειρογνομόνων, η οποία λειτουργεί σαν μία πρώτη ταξινόμηση των κινδύνων και είχε ως στόχο τον προσδιορισμό των κυριότερων κινδύνων. Μία αναλυτικότερη ανάλυση σεναρίου σύγκρουσης με μη επανδρωμένο πλοίο MUNIN, έγινε στο πλαίσιο της “Αξιολόγησης κινδύνων μη επανδρωμένων φορτωτών ξηρού χύδην φορτίου στην ανοιχτή θάλασσα” σε συνεργασία με το project MUNIN. Στην ανάλυση χρησιμοποιούνται περιστατικά, όπως αποτυχία πρόωσης, διακοπή ισχύος και οι καιρικές συνθήκες, όπου χρησιμοποιούνται ως βασικά συμβάντα για σενάκια, τα οποία περιλαμβάνουν κίνδυνους όπως αποτυχία επικοινωνίας η αποτυχία ανίχνευσης αντικειμένων.

Η ανάλυση χρησιμοποιεί ανάλυση συμβάντων τύπου δένδρων για τα πιθανά αποτελέσματα των σεναρίων. Διεξάγονται ωστόσο εις βάθος αναλύσεις για ενδιάμεσα γεγονότα, χρησιμοποιώντας δένδρα σφαλμάτων, εργαλεία υπολογισμού καταστάσεων σύγκρουσης και πιλοτικά διαγράμματα υπολογισμών σε κρίσιμες καιρικές συνθήκες. Για τα σενάκια βύθισης εκτός από τα δένδρα συμβάντων, η μελέτη χρησιμοποιεί συντελεστή διόρθωσης βασισμένο σε μελέτες της βιβλιογραφίας, σχετικά με συνθήκες που οδηγούν σε βύθιση. Ωστόσο στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τόσο οι διορθωμένες όσο και οι μη διορθωμένες τιμές των συντελεστών.

Εκτός από τις αναλύσεις για τα μη επανδρωμένα πλοία, πραγματοποιούνται επίσης αναλύσεις για ένα συμβατικό επανδρωμένο πλοίο, επιτρέποντας έτσι τη σύγκριση των δύο τύπων πλοίων. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων πιθανότητας συμβάντων μεταξύ των δύο τύπων πλοίων παρουσιάζονται στον πίνακα 16[25], όπου σύμφωνα με το αποτέλεσμα της ανάλυσης φαίνεται πως το μη επανδρωμένο πλοίο είναι ασφαλέστερο έναντι του συμβατικού, με συντελεστή μεταξύ 5 και 10. Οι λόγοι που ενισχύουν αυτήν την άποψη είναι διότι θεωρείται πως το μη επανδρωμένο πλοίο θα διαθέτει υψηλότερα επίπεδα επικάλυψης κρίσιμων λειτουργιών, με σκοπό την αύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος, λιγότερα ανθρώπινα λάθη σε ορισμένα από τα στάδια λήψης αποφάσεων και φυσικά αξιόπιστα συστήματα αισθητήρων.



Ωστόσο αυτά τα οφέλη αντισταθμίζονται σε ορισμένο βαθμό από την υψηλότερη πιθανότητα ορισμένα τεχνικά προβλήματα να μην μπορούν να επιδιορθωθούν, επίσης τα συστήματα είναι πιο πολύπλοκα και ότι ο χειρισμός σε ακραίες καιρικές συνθήκες μπορεί να είναι δυσκολότερος σε ένα μη επανδρωμένο πλοίο. Παρόλα αυτά σε γενικότερη βάση το γενικό συμπέρασμα είναι, ότι τα οφέλη αντισταθμίζουν σε μεγάλο βαθμό τα εμπόδια.

		Collision	Foundering	Foundering with factor
Unmanned vessel	Propulsion failure event tree	$4.8 \cdot 10^{-8}$		
	Blackout event tree	$9.6 \cdot 10^{-8}$		
	Total	$1.4 \cdot 10^{-7}$	$1.5 \cdot 10^{-3}$	$2.2 \cdot 10^{-5}$
Conventional vessel	Propulsion failure event tree	$1.1 \cdot 10^{-6}$		
	Blackout event tree	$1.2 \cdot 10^{-7}$		
	Total	$1.2 \cdot 10^{-6}$	$8.0 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-4}$

Πίνακας 16. Πιθανότητες εμφάνισης ατυχημάτων σε αυτόνομο και συμβατικό πλοίο

Η μελέτη ωστόσο διεξήγαγε εκτίμηση των επιπτώσεων, συμπεριλαμβανομένων ζημιών σε άτομα, περιβάλλον και υλικό. Οι συνολικές συνέπειες υπολογίστηκαν για σενάρια σύγκρουσης και βύθισης και αντιπροσωπεύουν το αναμενόμενο κόστος μετρούμενο σε Mio(Million) για κάθε περιστατικό αλλά και τον συνολικό κίνδυνο που προκύπτει, εκφραζόμενος σε μονάδες κόστους όπως φαίνεται στον πίνακα 17[25].

		Occurrence probability	Average Consequence [Mio. €]	Associated risk [Mio. €]
MUNIN-ship	Collision	$1.4 \cdot 10^{-7}$	15.627	$2.2 \cdot 10^{-6}$
	Foundering	$1.5 \cdot 10^{-3}$	39.053	$5.8 \cdot 10^{-2}$
	Foundering with factor	$2.2 \cdot 10^{-5}$	39.053	$8.6 \cdot 10^{-4}$
Conventional ship	Collision	$1.2 \cdot 10^{-6}$	15.763	$1.9 \cdot 10^{-5}$
	Foundering	$8.0 \cdot 10^{-3}$	51.553	$4.1 \cdot 10^{-1}$
	Foundering with factor	$1.1 \cdot 10^{-4}$	51.553	$6.1 \cdot 10^{-3}$

Πίνακας 17. Υπολογιζόμενος κίνδυνος σύγκρουσης και βύθισης αυτόνομου και συμβατικού πλοίου

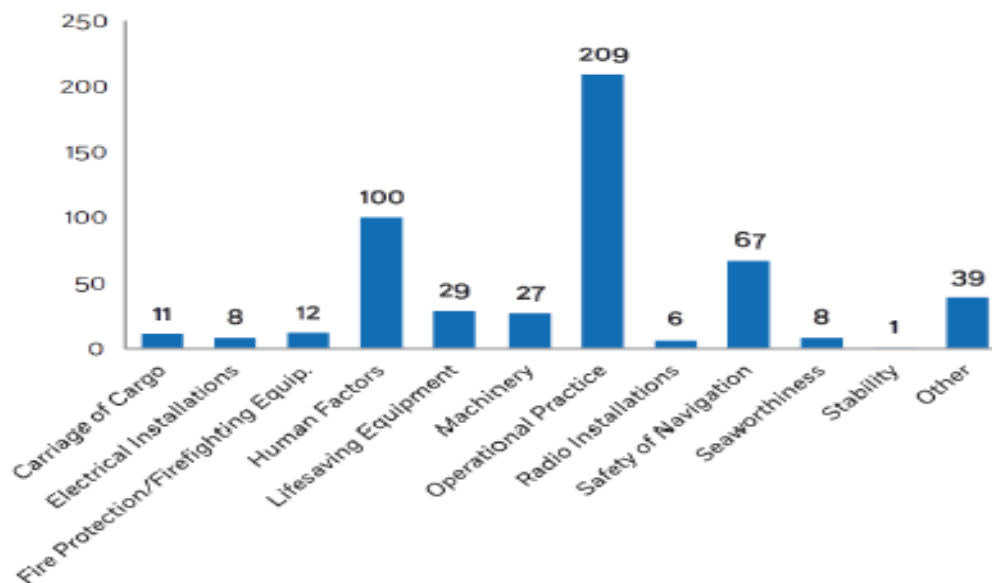


Ένας σημαντικός παράγοντας στο μέσο κόστος των συνεπειών είναι ότι σε περιστατικό βύθισης η ζημία-συνέπεια είναι πολύ χαμηλότερη για ένα μη επανδρωμένο πλοίο, καθώς δεν υπάρχει πλήρωμα σε αυτό. Συνεπώς οι συνέπειες της σύγκρουσης θα είναι ελαφρώς χαμηλότερες λόγω του ίδιου λόγου. Οπότε εάν ληφθούν υπόψη οι χαμηλότερες πιθανότητες για ένα ατύχημα, τα αποτελέσματα των αναλύσεων αναδεικνύουν, πως το μη επανδρωμένο πλοίο διατρέχει μικρότερο κίνδυνο σε περιπτώσεις σύγκρουσης η βύθισης σε σχέση με ένα συμβατικό.

2.2.2 Καταστροφή πλοίου

Αυτός ο τομέας δεν συμπεριλήφθηκε στην λεπτομερή ανάλυση, καθώς η αυτόνομη λειτουργία συμβαίνει σε περιοχές όπου η προσέγκρουση πλοίου σε ύφαλα η ξέρες, θεωρείτο εξαιρετικά σπάνια λόγω της μορφολογίας της θάλασσας. Αλλά ωστόσο υπάρχει το ζήτημα ότι δεν υπάρχουν επαρκή ποιοτικά στοιχεία σχετικά με τις επιδράσεις του SCC(Κέντρο ελέγχου ξηράς), στην πιθανότητα κινδύνων τέτοιων περιστατικών. Θα μπορούσε κανείς να υποστηρίξει ότι πολλά από τα ίδια τεχνικά και ανθρώπινα αίτια ατυχημάτων ισχύουν σε περιστατικά, όπως προσέγκρουση η βύθιση. Ωστόσο, ενώ το κέντρο ελέγχου ξηράς θα ασχοληθεί σε μεγάλο βαθμό σε τέτοιου είδους επιχειρήσεις, δεν μπορεί να εξακριβωθεί χωρίς σημαντικές έρευνες ότι αυτό ισχύει.

Στην εικόνα 13[26] είναι πολύ ενδιαφέρον να παρατηρήσει κανείς, τις στατιστικές αναφορικά με τις συστάσεις ασφαλείας που εκδίδει ο ευρωπαϊκός οργανισμός ασφαλείας στην θάλασσα EMSA(European Maritime Security Agency), καθώς θα κατανοήσει πως οι επιχειρησιακές πρακτικές και ο ανθρώπινος παράγοντας αντιπροσωπεύουν περίπου το 60% όλων των συστάσεων ασφαλείας, που αποτελεί επομένως μία επιβεβαίωση ότι ο άνθρωπος είναι συχνά ο ασθενέστερος παράγοντας, όταν συμβαίνουν ατυχήματα.. Από την άλλη πλευρά, ο οργανισμός EMSA επισημαίνει την ανάγκη ύπαρξης κατάλληλα καταρτισμένων φορέων στο κέντρο ελέγχου ξηράς και την παροχή αξιόπιστων συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων, ώστε τα περιστατικά ανθρώπινων σφαλμάτων να μην μεταφέρονται από το πλοίο στην ακτή.



Εικόνα 13. Αριθμός συστάσεων ασφαλείας ανά περιοχή εστίασης

2.2.3 Εσωτερικές μηχανές και συστήματα πρόωσης

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 12, τα τεχνικά προβλήματα αποτελούν τους κύριους παράγοντες στα ναυτικά περιστατικά, αν και βέβαια όχι τόσο συχνά σε περιστατικά ολικής απώλειας πλοίου. Το ζήτημα λοιπόν που τέθηκε κατά τον σχεδιασμό του project MUNIN είναι πως τόσο τα βελτιωμένα συστήματα συντήρησης όσο και ο αυξημένος έλεγχος των τεχνικών συστημάτων απαιτούνται σε ένα μη επανδρωμένο πλοίο.

Η πραγματοποίηση μιας ποσοτικής ανάλυσης τέτοιου είδους θεωρείται δύσκολη, καθώς υπάρχουν ελάχιστα δεδομένα σχετικά με τεχνικά προβλήματα σε αντίστοιχα project πλοίων. Επίσης θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ποσοτική ανάλυση σε πραγματική λειτουργία πλοίου, ώστε να έχουμε αξιόπιστα αποτελέσματα. Ένα πραγματικό μη επανδρωμένο πλοίο θα πρέπει να κατασκευαστεί με εφεδρικά συστήματα παραγωγής ενέργειας και πρόωσης. Αυτή η άποψη επιβεβαιώθηκε και από την ανάλυση FEMCA (Failure, Mode, Effects and Critically Analysis), που έλαβε χώρα αναφορικά με τον κινητήρα και τα συστήματα πρόωσης του MUNIN.



Για να εκτιμηθεί το μέγεθος του προβλήματος, μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει ορισμένα στοιχεία από τα ευρωπαϊκά συστήματα παρακολούθησης. Ο οργανισμός EMSA[27] ανέφερε κατά μέσο όρο 16.800 διαφορετικά πλοία που αναφέρουν την θέση τους AIS στο σύστημα SafeSeaNet κατά το πρώτο εξάμηνο του 2010. Σε σύγκριση με τον αριθμό των περιστατικών σχετικά με βλάβη κινητήρα(Εικόνα 11) που αναφέρθηκαν, μπορεί κανείς να εκτιμήσει ότι οι αναφερόμενες περιπτώσεις απώλειας ελέγχου εμφανίζονται περίπου στο 2% δηλαδή το 0,023 των πλοίων κατά την διάρκεια ενός έτους. Αυτό αντιστοιχεί σε περίπου 781 περιστατικά άνω των 33.600 πλοίων

Εάν θεωρηθεί ότι υπάρχει το ενδεχόμενο σοβαρού προβλήματος κινητήρα κατά την διάρκεια ενός έτους σε ένα πλοίο και αν επίσης υποτεθεί ότι το μη επανδρωμένο πλοίο θα είχε πλήρως αυτοματοποιημένα και αυτόνομα συστήματα πρόωσης και παραγωγής ενέργειας, θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί ότι η προκύπτουσα πιθανότητα βλάβης και στα δύο συστήματα αυτά θα ήταν περίπου 0,023, δηλαδή 2/έτος. Φυσικά αυτό προϋποθέτει ότι δεν υπάρχουν σφάλματα κοινού τύπου λειτουργίας, δηλαδή σφάλματα που θα συμβαίνουν πάντα και στα δύο συστήματα ταυτόχρονα. Αυτή η περίπτωση θα είχε αντίστοιχη πιθανότητα βλάβης κινητήρα 326 ανά εκατομμύριο πλοίων. Αυτή η πιθανότητα είναι πολύ χαμηλότερη από την μέση συνολική απώλεια πλοίων που ήταν περίπου 100 ανά στόλο, λιγότερο των 100.000 πλοίων τον χρόνο όπως φαίνεται και στην εικόνα 10.

Βέβαια το επιχείρημα αυτό δεν λαμβάνει υπόψη τα δευτερεύοντα προβλήματα που εμφανίζονται σε επανδρωμένα πλοία τα οποία επιδιορθώνονται άμεσα, αλλά τα οποία θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε πλήρη ακινητοποίηση του μη επανδρωμένου πλοίου. Αυτό υπογραμμίζει και την ανάγκη για αξιόπιστη συντήρηση συστημάτων διαχείρισης, σε συνδυασμό με απλούστευση και αυτονομία τεχνικών συστημάτων.



2.2.4 Πυρκαγιά και έκρηξη

Γενικά, αναμένεται ότι ο κίνδυνος που συνδέεται με την πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιών και εκρήξεων είναι πολύ μικρότερος σε ένα μη επανδρωμένο πλοίο σε σχέση με ένα επανδρωμένο. Τα επιχειρήματα που υποστηρίζουν αυτήν την άποψη είναι τα εξής

- Αρχικά πολλές πυρκαγιές αρχίζουν από ανθρώπινη δραστηριότητα, λόγω χάρη πραγματοποίηση μηχανολογικών εργασιών όπως συγκόλληση, θερμές εργασίες ακόμα και από τα μαγειρεία. Αυτά τα περιστατικά δεν υφίστανται σε ένα μη επανδρωμένο πλοίο
- Επιπλέον το μη επανδρωμένο πλοίο μπορεί να διαθέτει πιο αποτελεσματικά συστήματα πυρόσβεσης, με την προϋπόθεσή ότι δεν θα βρίσκεται κανένας σε κλειστούς χώρους. Οι χώροι μπορούν επίσης να παραμένουν ευκολότερα περικλεισμένοι και πιο κατάλληλοι για χρήση συστημάτων αφρού ή διοξειδίου του άνθρακα CO₂.

Ωστόσο αυξημένοι κίνδυνοι μπορούν να προκύψουν, καθώς δεν υπάρχει συνεχής παρακολούθηση και συντήρηση των μηχανικών συστημάτων. Επίσης η διαρροή λαδιού η καυσίμου μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά, εάν αφηθεί χωρίς επίβλεψη. Βέβαια αυτό μπορεί σε κάποιο βαθμό να αντιμετωπιστεί, με ορθότερη και αξιόπιστα αυτοματοποιημένη παρακολούθηση από όργανα και σύστημα CCTV (Closed-Circuit Television or Video surveillance)[27].

Αναφορικά με την εικόνα 11 μπορεί κανείς να υποστηρίξει, ότι η εκδήλωση πυρκαγιάς και έκρηξης στα μη επανδρωμένα πλοία έχει μικρότερη πιθανότητα να συμβεί και ότι η συνολική πιθανότητα κινδύνου σαν ποσοστό είναι αποδεκτή. Για να διεξαχθεί βέβαια μια πλήρη ποσοτική αξιολόγηση, απαιτείται ένας λεπτομερής σχεδιασμός καθώς και λεπτομερέστερα δεδομένα εμφάνισης πυρκαγιάς και έκρηξης.



2.2.5 Κυβερνοασφάλεια και πειρατεία

Σύμφωνα με την εικόνα 10 οι πειρατείες ευθύνονται για συνολικά 5 απώλειες κατά την περίοδο 2005 έως 2014, με αποτέλεσμα να αντιπροσωπεύουν μόνο το 0,4% όλων των ζημιών κατά την περίοδο αυτή. Οι επιθέσεις και η σοβαρότητα αυτών έχουν μειωθεί τα τελευταία έτη λόγω της μεγαλύτερης εστίασης στο ζήτημα αυτό. Επομένως αυτό ίσως να μην αποτελεί ένα σημαντικό κίνδυνο[28].

Επίσης καθώς δεν υπάρχει πλήρωμα ελαχιστοποιείται η πιθανότητα ζήτησης λύτρων ως αντάλλαγμα και καθώς είναι ευκολότερο να δημιουργηθούν συστήματα ελέγχου που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν από μη εξουσιοδοτημένα άτομα, συνεπώς το φαινόμενο της πειρατείας θα πρέπει να βρίσκεται σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα στο μη επανδρωμένο πλοίο. Το έγκλημα στον κυβερνοχώρο μπορεί να θεωρηθεί μια πιο σημαντική απειλή όταν δεν χρησιμοποιείται για την παρεμπόδιση ενός πλοίου, ενός λιμανιού ή ενός θαλάσσιου καναλιού. Ωστόσο, υπάρχουν τεχνικά μέτρα για την ελαχιστοποίηση τέτοιων κινδύνων, αλλά απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή και εστίαση στο πρόβλημα και μία συστηματική προσέγγιση ως προς την εμπόδιση τέτοιων φορέων επίθεσης, συμπεριλαμβανομένων και επιθέσεων εναντίον του κέντρου ελέγχου ξηράς(SCC).

2.2.6 Αποτελέσματα ανάλυσης κινδύνων

Έτσι λοιπόν μπορεί να υποστηριχθεί η άποψη ότι το μη επανδρωμένο πλοίο θα αποδειχθεί τόσο ασφαλές όσο και το συμβατικό και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό, όταν ξεπεραστούν ορισμένοι επιχειρησιακοί και τεχνικοί περιορισμοί.

Η ανάλυση σύγκρουσης ήταν αρκετή λεπτομερής και προσέφερε βάσιμους λόγους για να υποστηρίξει κανείς αυτή την άποψη, επίσης ποιοτικά. Αυτός ο κίνδυνος είναι άλλωστε και ο λόγος που έχουν καταγραφεί το 50% των απωλειών των πλοίων κατά τα έτη 2005 και 2014. Παρόλα αυτά η ανάλυση δείχνει ότι τα μη επανδρωμένα πλοία θα έχουν 10 φορές μικρότερη πιθανότητα εκδήλωσης τέτοιων περιστατικών κινδύνου.

Επιπροσθέτως πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση υψηλού επιπέδου για ορισμένες ομάδες περιστατικών που μπορούν να επηρεάσουν το μη επανδρωμένο πλοίο. Το συμπέρασμα λοιπόν σε κάθε μία από τις καταστάσεις αυτές είναι ότι το μη επανδρωμένο πλοίο έχει μικρότερο κίνδυνο εκδήλωσης κινδύνων, σε σχέση με το συμβατικό.



2.3 Εκτιμώμενη οικονομική ανάλυση αυτόνομου πλοίου

Από την μία πλευρά, η προφανής εξοικονόμηση κόστους που συνδέεται με την λειτουργία του αυτόνομου πλοίου έγκειται στην εξάλειψη ή την μείωση του πληρώματος σε αυτό. Από την άλλη πλευρά τόσο η πρόσθετη λειτουργία που επιτρέπει την αυτόνομη λειτουργία του πλοίου όσο και το πρόσθετο προσωπικό που θα βρίσκεται στο κέντρον ελέγχου ξηράς παρακολουθώντας το αυτόνομο ταξίδι, είναι βέβαιο πως απαιτούν ένα σημαντικό αυξημένο χρηματικό ποσό. Σε αυτό το σημείο θα εξεταστεί το λειτουργικό κόστος κατά βάση για ένα αυτόνομο bulker πλοίο, δίνοντας ποσοτικές εκτιμήσεις για το μέγεθος του κόστους που θα μεταβληθεί. Με αυτό τον τρόπο αναπτύσσεται ένα μοντέλο κόστους για το αυτόνομο πλοίο MUNIN.

Ο πίνακας 18 παρουσιάζει τον αντίκτυπο που έχει κάθε δεδομένο σε 3 επίπεδα, δηλαδή στο λειτουργικό κόστος, στο κόστος ταξιδιού και στο κόστος κεφαλαίου. Συγκεκριμένα το πρόσημο (+) αντιπροσωπεύει την αύξηση κόστους και το (-) δηλώνει μείωση του κόστους. Έτσι παρατηρεί κανείς πως λόγω χάρη σε όρους λειτουργικού κόστους, οι μισθοί του πληρώματος λειτουργούν θετικά στην μείωση του κόστους, ενώ φυσικά στον αντίποδα, οι υπηρεσίες, όπως το κέντρον ελέγχου ξηράς λειτουργούν αρνητικά στο κόστος, καθώς αυξάνουν τις δαπάνες. Ωστόσο στην περίπτωση μας, θα ασχοληθούμε μόνο με την ανάλυση του λειτουργικού κόστους.

Operating cost	Voyage cost	Capital cost
- Crew wages (-)	- Reduced air resistance (-)	- No deckhouse (-)
- Crew related cost on board (-)	- Reduced Light Ship Weight (-)	- No hotel system (-)
- New shore/port services incl. SCC (+)	- No hotel systems (-)	- Autonomous ship technology (+)
	- Twin skeg / two engines design (+/-)	- Redundancy of technical systems (+)
	- Boarding crew for port calls (+)	

Πίνακας 18. Συντελεστές που μεταβάλλουν το κόστος στο μοντέλο αυτόνομου πλοίου



2.3.1 Ανάλυση λειτουργικού κόστους

Το μεταβλητό κόστος λειτουργίας του αυτόνομου εμπορικού οχήματος οφείλεται στο μειωμένο κόστος πληρώματος αλλά και στο κόστος, αναφορικά με τις νέες υπηρεσίες ακτοπλοϊκών και λιμενικών υπηρεσιών.

- Μισθοί πληρώματος: Οι αμοιβές του πληρώματος επί του πλοίου και το σχετιζόμενο κόστος(ανεφοδιασμός, άλλες παροχές) δεν αποτελούν πλέον ζήτημα για ένα αυτόνομο πλοίο. Πρόκειται για μέση εξοικονόμηση της τάξεως των 945.000 δολαρίων ετησίως.
- Σχετικό κόστος πληρώματος: Επιπλέον, είναι ασφαλές να υποθέσουμε ότι θα μειωθούν τα πρόσθετα στοιχεία κόστους, από το λειτουργικό κόστος. Το κόστος αυτό συνδέεται άμεσα με το πλήρωμα που ζει επί του σκάφους για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Από την μία πλευρά, πρόκειται για ιατρικές υποδομές, καμπίνες η προστατευτικό εξοπλισμό ασφαλείας, οι οποίες μειώνουν το κόστος κατά μέσο όρο στα 23.000 δολάρια ΗΠΑ(USD) ετησίως. Από την άλλη πλευρά, το κόστος συντήρησης για τις σωσίβιες λέμβους εξοικονομείται και μειώνεται η ανάγκη για ανταλλακτικά, όπως κινητήρες γεννήτριας, βοηθητικά μηχανήματα και ηλεκτρικά συστήματα, αφού πλέον δεν υφίσταται εξοπλισμένο σύστημα εστίασης στο πλοίο(κλιματισμός, θέρμανση, αερισμός κλπ.) και συνεπώς μειώνεται η ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια. Συνολικά, αυτό αντιστοιχεί σε εκτιμώμενη εξοικονόμηση 44.000 δολαρίων κατά μέσο όρο ετησίως.
- Νέες υπηρεσίες ακτοπλοΐας/λιμένα: Το αυτόνομο πλοίο που αναπτύχθηκε στο σχέδιο MUNIN συνδέεται με ένα νέο παράγοντα κόστους, καθώς το πλήρωμα μεταβαίνει από το πλοίο στην ακτή, πρέπει να ληφθούν υπόψη τα επιπρόσθετα έξοδα για τις χερσαίες υπηρεσίες. Στο κέντρο ελέγχου ξηράς περιλαμβάνεται επίσης το κόστος προσωπικού και εξοπλισμού η το ενοίκιο του κτιρίου. Επιπροσθέτως πρέπει να πληρώνονται συνεργεία συντήρησης, τα οποία θα πραγματοποιούν τις απαραίτητες επισκευές ενώ το πλοίο βρίσκεται στο λιμάνι. Στην ανάλυση αυτή θεωρείται ότι το αυτόνομο πλοίο είναι μία χρησιμοποιημένη και καθιερωμένη έννοια. Μεταξύ άλλων, αυτό υποδηλώνει πως θα υφίσταται αγορά εργασίας για τους υπαλλήλους ενός κέντρου ελέγχου ξηράς και δεν απαιτούνται ειδικά μαθήματα κατά την έναρξη της απασχόλησης.



- Κόστος προσωπικού κέντρου ελέγχου ξηράς: Η οργανωτική διάταξη του κέντρου ελέγχου ξηράς που αναφέρεται εδώ βασίζεται στην οργάνωση του SOC[29] και περιλαμβάνει 5 αίθουσες καταστάσεως και 45 σταθμούς εργασίας. Το κέντρο ελέγχου ξηράς διαθέτει ένα τμήμα για 24ωρη παρακολούθηση επί 7 ημέρες την εβδομάδα του αυτόνομου πλοίου και ένα δεύτερο κέντρο σχεδιασμού και υποστήριξης μετά από κάθε βάρδια, όπως φαίνεται στον πίνακα 19). Με τον συγκεκριμένο τρόπο λειτουργίας επιτυγχάνεται η παρακολούθηση 90 πλοίων ταυτόχρονα. Ωστόσο για να είναι δυνατή η παρακολούθηση 24 ημέρες επί 7 ημέρες σε ένα σταθμό εργασίας απαιτούνται τουλάχιστον 5,7 εργαζόμενοι που σημαίνει επιπλέον δαπάνες. Ένας ακόμα υψηλότερος λόγος επτά ατόμων ανά θέση, βρίσκεται στα κέντρα ελέγχου κυκλοφορίας πλοίων στην Σουηδία σήμερα[30]. Συνεπώς απαιτούνται 169 εργαζόμενοι για την αποτελεσματική παρακολούθηση 90 πλοίων. Οι μισθοί των εργαζομένων στο κέντρο ελέγχου ακτών και συνεπώς το κόστος προσωπικού, βασίζονται στους μισθούς που καθορίζονται στην συλλογική συμφωνία της Ομοσπονδιακής Επιτροπής Πληροφορικής(ITF Uniform “TCC”) [31]του 2014.

24/7 operation	Per shift	Total number	Equivalent in ITF wage scale
Operators (1 per 6 vessels)	15	86	3rd Off
Back up operator (1 per 5 operators)	3	17	3rd Off
Watch keeping supervisor	3	17	Master
Watch keeping engineer	3	17	Ch. Eng.
Watch keeping captain	3	17	Master
One shift operation			
Voyage planners		5	2nd Off
Maintenance planners		5	1st Eng.
Admin personal		5	3rd Off

Πίνακας 19. Σχέδιο απασχόλησης για το κέντρο ελέγχου ξηράς

Σύμφωνα με την εκτίμηση αυτή, το συνολικό κόστος προσωπικού του κέντρου ελέγχου ξηράς (SCC), ανέρχεται στα 10,4 εκατομμύρια δολάρια ανά έτος και 116.000 δολάρια ανά πλοίο ετησίως.



- Φορείς συντήρησης στο λιμάνι: Σε ένα αυτόνομο πλοίο το πλήρωμα επιβίβασης θα είναι υπεύθυνο για τη συντήρηση της μονάδας πρόωσης, των βοηθητικών εγκαταστάσεων, των συστημάτων τροφοδοσίας, των ηλεκτρικών συστημάτων και των συστημάτων αυτοματισμού κ.λπ. κατά την διάρκεια παραμονής στο λιμάνι. Για να εκτιμηθεί το σχετικό κόστος, η απαιτούμενη σύνθεση του πληρώματος επιβίβασης ορίζεται όπως στον Πίνακα 21. Η σύνθεση προέρχεται από το πλήρωμα του μηχανοστασίου σε ένα συμβατικά επανδρωμένο πλοίο. Για το χρονικό διάστημα που το πλοίο βρίσκεται σε αγκυροβόλιο η αναμονή (120 ημέρες από τις 365), αυτό το πλήρωμα επιβίβασης θεωρείται ότι έχει προσληφθεί, οπότε οι μισθοί για τα μέλη του πληρώματος, υιοθετούνται από την ομαδική συλλογική σύμβαση ITF(TCC) αυξημένη με υποτιθέμενη εργοδοτική εισφορά ύψους 35%[31].

Με βάση αυτές τις παραδοχές, το ετήσιο κόστος πληρωμάτων συντήρησης ανά πλοίο, υπολογίζεται σε 135.281 δολάρια.

Rank	Number
Ch. Eng.	1
1st Eng.	1
2nd Eng.	1
3rd Eng.	1
Electrician	1
Fitter/Repairer	2
Fireman/motorman	2

Πίνακας 20. Υποτιθέμενη σύνθεση του πληρώματος συντήρησης

- Κόστος επένδυσης και λειτουργίας κέντρου ελέγχου ξηράς: Εκτός από το κόστος προσωπικού, υπάρχουν πολλά επενδυτικά και λειτουργικά έξοδα, που συνδέονται με την δημιουργία και τη λειτουργία του κέντρου ελέγχου ξηράς. Στην συγκεκριμένη περίπτωση εξετάζεται το κόστος εξοπλισμού (π.χ. αίθουσες εγκαταστάσεων, λογισμικό ,εξοπλισμός γραφείου) και το ετήσιο κόστος αναφορικά με την μίσθωση χώρων γραφείων και λειτουργικών εξόδων (π.χ. κόστος εκπαίδευσης η λογισμικό).



Συνολικά το κόστος επένδυσης ανέρχεται σε 2.1 εκατομμύρια δολάρια με ένα χρόνο αντικατάστασης εξοπλισμού μεταξύ 3 και 13 ετών. Τα λειτουργικά κόστη ανέρχονται σε 873.957 δολάρια ανά έτος, όπως φαίνεται και στον πίνακα 20.

	One-time costs [US\$]	Operating Life [y]	Annual costs [US\$]	Comment
SCC Equipment				
Situation Rooms	1,050,000	8		12)
Software	765,000			10)
Hardware	117,000	3		11)
Office Equipment	199,800	13		11)
Rent for office space			411,033	9)
Operational Costs				
Power supply			22,624	
Software subscription and support			153,000	
Training costs for employees			287,300	10)
Total	2,131,800		873,957	

Πίνακας 21. Αναφορά επενδυτικού και λειτουργικού κόστους κέντρου ελέγχου ξηράς

2.3.2 Αποτελέσματα οικονομικής ανάλυσης λειτουργικού κόστους

Παρά το γεγονός ότι το σχέδιο MUNIN παρέχει απαντήσεις σε πολλά από τα βασικά τεχνικά ζητήματα που συνδέονται με την λειτουργία του αυτόνομου πλοίου, απαιτείται περαιτέρω ανάπτυξη του σχεδίου για την ουσιαστικότερη επίλυση των πιο σοβαρών τεχνικών προκλήσεων. Συνεπώς η χρηματοοικονομική ανάλυση περιείχε και παραδοχές οι οποίες μελλοντικά θα μπορούσαν να αποδειχθούν ελλιπείς. Παρόλα αυτά η αξιολόγηση αποδοτικότητας ενός αυτόνομου πλοίου, προσέφερε σημαντικά συμπεράσματα.

Βάση της ανάλυσης είναι ασφαλές να υποθέσει κανείς πως τα αυτόνομα πλοία θα έχουν θετικό αντίκτυπο στην κερδοφορία των ναυτιλιακών εταιρειών, αλλά μόνο υπό συγκεκριμένες συνθήκες (π.χ. αλλαγή κύριου καυσίμου καύσης σε άλλου είδους βιώσιμο οικολογικά καύσιμο). Συνεπώς η μείωση του κόστους πληρώματος, χωρίς την επίτευξη οικολογικής επιλογής εναλλακτικού καυσίμου είναι πιθανόν να μην δικαιολογεί σε όρους κόστους την πλήρη αυτονομία.



Βέβαια στην παρούσα μελέτη δεν περιλαμβάνονται και τα μελλοντικά οφέλη, εξαιτίας της αυξημένης ασφάλειας και αλληλεξαρτήσεων με άλλες καινοτομίες που σχετίζονται στενά με το αυτόνομο πλοίο, όπως λόγω χάρη η βελτιστοποιημένη δρομολόγηση βάση μετεωρολογίας η ή ενεργειακή διαχείριση απόδοσης του πλοίου, που πιθανόν θα συμβάλουν καθοριστικά στην ευνοϊκότερη λειτουργία του αυτόνομου πλοίου. Πρέπει να ληφθεί υπόψη, πως η ανάλυση εστιάζεται κυρίως στο κόστος εργασιών αγκυροβόλησης και δεν έχει αναπτυχθεί περαιτέρω στο πρόσθετα κόστη όπως π.χ. μεταφοράς υλικοτεχνικής υποστήριξης.

Προκειμένου να επιτευχθεί ακριβέστερη οικονομική εκτίμηση της βιωσιμότητας ενός αυτόνομου πλοίου μεταφοράς χύδην φορτίου, θα πρέπει να υπάρχει ένας ολιστικός σχεδιασμός του πλοίου, ως βάση περιλαμβανομένης π.χ. τις υπερκατασκευές, τα βοηθητικά συστήματα και η έρευνα να συνεχιστεί με βάση τις στρατηγικές συντήρησης και σχεδιασμού των διαδικασιών SCC.

Το ευρωπαϊκό project MUNIN, επικεντρώθηκε στην ανάλυση για ένα αυτόνομο πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου, για αυτό τον λόγο θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μια δομημένη ανάλυση και για τους άλλους τύπους πλοίων, ώστε να συγκριθούν ουσιαστικότερα τα αναμενόμενα πλεονεκτήματα μεταξύ τους και να καταλήξουμε στην κατάλληλη εφαρμογή αυτόνομων πλοίων. Περαιτέρω, θα ήταν εξαιρετικά ενδιαφέρον να διερευνηθεί σε βάθος η προοπτική της αξιολόγησης της καινοτομίας των αυτόνομων πλοίων, ώστε να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στις μακροοικονομικές και τις κοινωνικές πτυχές



2.4 Αξιολόγηση νομοθετικού πλαισίου αυτόνομου πλοίου

2.4.1 Το ρυθμιστικό πλαίσιο

Το ναυτικό δίκαιο είναι ένας λειτουργικός όρος, που χρησιμοποιείται για την περιγραφή μιας ολόκληρης σειράς κανόνων και άλλων νομοθεσιών που διέπουν το νομικό πλαίσιο, που σχετίζεται με τα πλοία και την λειτουργία τους. Περιλαμβάνει μία ποικιλία διαφορετικών νομικών συστημάτων, περιλαμβάνοντας τόσο κανόνες διεθνούς και τοπικού δικαίου, όσο και διεθνείς αλλά και περιφερειακούς κανόνες.

Καλύπτει ζητήματα δημόσιας ανησυχίας, όπως η ασφάλεια, η ιδιωτικότητα και η προστασία του περιβάλλοντος, καθώς και θέματα αστικού δικαίου όπως συμβάσεις μεταφοράς, ευθύνη και αποζημίωση για ζημιές, διάσωση και γενικότερα κανόνες αναφορικά με τους θαλάσσιους κίνδυνους και ασφάλιση. Η προοπτική ωστόσο των μη επανδρωμένων πλοίων, αντιμετωπίζει ένα πολύ θεμελιώδες χαρακτηριστικό της ναυτιλίας που είναι, ο ρόλος του πλοιάρχου και του πληρώματος επί του πλοίου. Ως εκ τούτου, θα επηρεάσει ένα πλήθος νόμος και κανονισμών σε ολόκληρο το φάσμα του ναυτικού δικαίου[32].

2.4.2 Νομική κατάταξη αυτόνομου πλοίου

Πριν από την εισαγωγή οποιασδήποτε δοκιμής αξιοπλοΐας στην αυτόνομη μη επανδρωμένη ναυτιλία, πρέπει να εξεταστεί κατά πόσο ένα αυτόνομο πλοίο χαρακτηρίζεται ως πλοίο από νομική άποψη, καθώς είναι πολύ σημαντικό και απαραίτητο λόγω του ότι τα αυτόνομα μη επανδρωμένα πλοία, έχουν θεμελιώδης διαφορές και ορισμένες ιδιαιτερότητες σε σύγκριση με τα συμβατικά επανδρωμένα πλοία. Προφανώς βέβαια η κύρια διαφορά έγκειται στην έλλειψη πληρώματος. Επομένως, πρέπει να εξεταστεί εάν το ανθρώπινο στοιχείο επί του πλοίου είναι ουσιώδες πτυχή, κατά την ταξινόμηση ενός αντικειμένου ως πλοίο[33].

Αποτελεί σημαντικό παράγοντα το γεγονός ότι δεν υπάρχει κοινός ορισμός του πλοίου στις Διεθνείς Συμβάσεις Ναυτικού Δικαίου. Το πεδίο εφαρμογής του ορισμού του "πλοίου" εξαρτάται από τον σκοπό του νομικού μέσου και ως εκ τούτου, οι ορισμοί ποικίλλουν ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής κάθε νομικής πράξης[34]. Επιπλέον, διαφορετικά κριτήρια κατά την ταξινόμηση ενός αντικειμένου ως "πλοίο" είναι εμφανή στις εθνικές νομοθεσίες.



Ενδεικτικά, ο ορισμός του Ηνωμένου Βασιλείου[35], εισάγει το κριτήριο ότι κάθε σκάφος θεωρείται πλοίο αν χρησιμοποιείται για πλοήγηση, ενώ στις ΗΠΑ καθοριστικό παράγοντα αποτελεί η χρήση του σκάφους για μεταφορά[36]. Σε διαφορετική προσέγγιση, η ελληνική νομοθεσία επισημαίνει ως κριτήριο την χωρητικότητα του σκάφους και την ικανότητα αυτοπροώθησης(ιπποδύναμη πρόωσης)[37]. Σε διαφορετικό μήκος κύματος κινείται η ολλανδική νομοθεσία[38], όπου αναγνωρίζει ως πλοίο, οποιαδήποτε πλωτή κατασκευή εκτός από αεροσκάφος.

Ύστερα από εμπειριστατωμένη ανάλυση του υπάρχοντος εύρους των ορισμών του Διεθνούς Ναυτικού Δικαίου, τις συμβάσεις και την εθνικές νομοθεσίες, είναι πλέον σαφές πως το ανθρώπινο στοιχείο επί του σκάφους, δεν αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τον ορισμό ενός αντικειμένου ως πλοίο. Συνεπώς το αυτόνομο μη επανδρωμένο πλοίο, εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής των περισσότερων ορισμών ως πλοίο, με τον ίδιο τρόπο όπως και το συμβατικό επανδρωμένο πλοίο.

2.4.3 Νομοθετικές και νομικές προκλήσεις

Μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις με τα αυτόνομα πλοία μπορεί να βρίσκεται στην λήψη κανονισμών, που εγκρίνουν τα αυτόνομα πλοία προς κυκλοφορία. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός IMO(International Maritime Organization), αποτελεί μία εξειδικευμένη υπηρεσία των Ηνωμένων Εθνών, η οποία είναι υπεύθυνη για την δημιουργία διεθνών συμβάσεων και κανονισμών σχετικά με την θαλάσσια ασφάλεια, την ιδιωτικότητα και την περιβαλλοντική προστασία. Μερικές από τις σημαντικότερες συμβάσεις για την ναυτιλία είναι:

- Διεθνής σύμβαση για την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στην θάλασσα (SOLAS)
- Διεθνής σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία(MARPOL)
- Διεθνής σύμβαση για τα πρότυπα εκπαίδευσης, πιστοποίησης και επιτήρησης των ναυτικών(STCW)
- Σύμβαση για τους διεθνείς κανονισμούς πρόληψης συγκρούσεων στη θάλασσα(COLREGs)



Ωστόσο καμία από τις συμβάσεις αυτές, δεν περιέχει τίποτα για τα μη επανδρωμένα πλοία και ορισμένοι κανονισμοί ίσως αποτελέσουν πρόκληση για τα αυτόνομα πλοία στην διεθνή κυκλοφορία. Για παράδειγμα το κεφάλαιο 5 της σύμβασης SOLAS, περιέχει κανόνες όπως η ασφαλής επάνδρωση πλοίων, ο προγραμματισμός ταξιδιού, η ορατότητα της γέφυρας και η υποχρέωση των πλοιάρχων να βοηθούν τα πλοία που διατρέχουν κίνδυνο. Ο κώδικας STCW χειρίζεται επίσης θέματα όπως οι ασφαλείς απαιτήσεις φύλαξης και επάνδρωσης. Η σύμβαση COLREGs, μπορεί επίσης να περιλαμβάνει ορισμένους κανόνες πρόκληση για τα μη επανδρωμένα πλοία[39].

Τα πρώτα αυτόνομα πλοία πιθανότατα θα ταξιδεύουν στα εθνικά σύνορα, όπου οι αρχές μπορούν να πραγματοποιήσουν αλλαγές στους ίδιους τους εθνικούς κανόνες και κανονισμούς. Η αποδοχή των μη επανδρωμένων πλοίων σε διεθνές επίπεδο μπορεί να διαρκέσει περισσότερο, καθώς η χρονική προοπτική για νέους κανονισμούς μέσω του διεθνούς οργανισμού IMO, μπορεί να διαρκέσει τουλάχιστον 10 έτη[40].

Επιπροσθέτως τα ζητήματα ευθύνης αποτελούν ακόμα ένα σημαντικό ζήτημα που πρέπει να εξεταστεί ενδελεχώς. Ποιος είναι υπαίτιος εάν το πλοίο τρέχει η προκαλέσει κίνδυνο καθώς βρίσκεται σε αυτόνομη λειτουργία. Εάν το πλοίο λειτουργεί με τηλεχειρισμό και ο χειριστής ενεργεί με αμέλεια, τότε πιθανότατα θα ενεργήσει με τον ίδιο τρόπο εάν το πλήρωμα του βρισκόταν στο πλοίο. Επιπλέον προβλήματα μπορεί να προκύψουν, εάν το αυτόνομο σύστημα προκαλέσει ατύχημα, όπου ο χειριστής δεν μπορεί να αποτρέψει. Ποιος πρέπει να κατηγορηθεί, εάν η σύνδεση με το κέντρο ελέγχου ξηράς(SCC) αποτύχει και το πλοίο συγκρουστεί με άλλο πλοίο, ενώ βρίσκεται σε αυτόνομη λειτουργία; Είναι σφάλμα του ιδιοκτήτη η του χειριστή η πρέπει να αντιμετωπίζεται ως πρόβλημα ευθύνης του προϊόντος, όπου υπεύθυνοι είναι ο πλοιοκτήτης και οι δημιουργοί του λογισμικού[41].



2.4.4 Αποτελέσματα Νομοθετικού πλαισίου αυτόνομου πλοίου

Συμπερασματικά θα μπορούσε να ειπωθεί η άποψη, ότι απαιτούνται κάποιες αλλαγές προκειμένου να καταστεί βιώσιμη η ασφάλιση του αυτόνομου πλοίου και να καλυφθούν οι πιθανοί κίνδυνοι που διατρέχει. Ωστόσο πολλοί κίνδυνοι είναι οι ίδιοι που διατρέχει και ένα συμβατικά επανδρωμένο πλοίο, άλλοτε μεγαλύτερης δριμύτητας και άλλοτε μικρότερης σημασίας που μπορούν να εξαλειφθούν.

Βέβαια η ασφάλιση στον τομέα των αυτόνομων μεταφορών έχει ήδη αναπτυχθεί με ήδη διαθέσιμη κάλυψη για τις μη επανδρωμένες μονάδες UAV(Unmanned Aerial Vehicle) και UAS(Unmanned Aircraft System). Επομένως μπορεί να προβλεφθεί, ότι ο τομέας της θαλάσσιας ασφάλισης θα ανταποκριθεί πλήρως στην κάλυψη νομοθετικού πλαισίου του μη επανδρωμένου πλοίου, το οποίο αποτελεί επιτακτική ανάγκη της ναυσιπλοΐας και της συμμόρφωσης σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα και κανονισμούς στην ναυτιλία.

Κεφάλαιο 3 Υφιστάμενη τεχνολογία αυτόνομων πλοίων

3.1 Μη επανδρωμένα πλοία και αυτόνομη ναυτιλία

Στην σύγχρονη εποχή, η δορυφορική επικοινωνία έχει ενισχυθεί σε τέτοιο βαθμό, όπου πλέον τα πλοία λειτουργούν ως μία κινητή υπομονάδα των ναυτιλιακών εταιρειών. Εκτός από την δορυφορική επικοινωνία, υπάρχουν πολλές άλλες εφαρμογές συμπεριλαμβανομένου του αυτόματου συστήματος εντοπισμού AIS, το παγκόσμιο ναυτικό σύστημα κινδύνου και ασφάλειας GMDSS, μαζί με το σύστημα αναγνώρισης και παρακολούθησης υψηλής εμβέλειας LRIT. Όλες αυτές οι τεχνολογίες προκάλεσαν την συλλογική πρόοδο στην ναυτιλιακή βιομηχανία και αποσκοπούν στην παροχή ασφάλειας κατά την πλοήγηση, την προστασία των θαλάσσιων μεταφορών και την έρευνα και διάσωση στην θάλασσα.

Υπάρχει συνεχής αλλαγή στην τεχνολογία που σχετίζεται με απομακρυσμένα και αυτόνομα πλοία στη ναυτιλία. Οι εμπειρογνώμονες βελτιώνουν τις τεχνολογίες που είναι αποδοτικές σε όρους κόστους και συνεπώς αυξάνουν την αξιοπιστία των επιχειρήσεων.



Η πρόοδος που έχει σημειωθεί είναι σημαντική, καθώς ήδη πολλές ναυτιλιακές τεχνολογικές εταιρείες όπως η Rolls Royce και η Kongsberg, υλοποιούν πρότυπα αυτόνομα πλοία στο στάδιο της έρευνας.

Η έννοια των μη επανδρωμένων πλοίων, συνεπώς παρουσιάζει πληθώρα σημαντικών πλεονεκτημάτων, αναφορικά με τον σχεδιασμό και την κατασκευή του πλοίου, στην μείωση του λειτουργικού κόστους όπως καύσιμα, εργατικό δυναμικό και τέλος στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με τα συμβατικά επανδρωμένα πλοία.

Οι εφαρμογές τέτοιων συστημάτων αυτόνομης ναυτιλίας, εστιάζουν σε σύντομα ταξίδια μεταφοράς εμπορευμάτων[42] αλλά και μεταφορές μεγάλων αποστάσεων[43] και περιορίζονται σε αρχικό στάδιο σε οχηματαγωγά πλοία[44]. Η μέχρι στιγμής εξέλιξη της τεχνολογίας βέβαια, απαιτεί την ύπαρξη ανθρώπου για τον υπεύθυνο χειρισμό ενός μη επανδρωμένου πλοίου. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην κρίσιμη απαίτηση σύνδεσης επικοινωνίας μεταξύ πλοίου και χερσαίου κέντρου χειριστών, όπου το φαινόμενο της πειρατείας αποτελεί την πρωταρχική ανησυχία, σε συνδυασμό με την ανάγκη για ασφαλής χειρισμούς, την κατανόηση κρίσιμων καταστάσεων και την ανοχή των σφαλμάτων[45, 46].

Η αυτόνομη λειτουργία ενός μη επανδρωμένου πλοίου, απαιτεί τόσο η καθοδήγηση και η πλοήγηση όσο και ο έλεγχος να εκτελούνται με υψηλή αξιοπιστία, ανοχή σφάλματος και υψηλά ποσοστά ασφάλειας. Ωστόσο η απαίτηση αυτή, συμπεριλαμβάνει και την αναπόσπαστη ανάγκη για παροχή κρίσιμων πληροφοριών στίγματος του πλοίου σε πραγματικό χρόνο, προκειμένου να αποφευχθεί η σύγκρουση με άλλα πλοία η οποιαδήποτε άλλα εμπόδια που μπορεί να εμφανιστούν. Ωστόσο προκειμένου να είναι σε θέση να ανιχνεύσει το ευρύ φάσμα των πιθανών εμποδίων και να παρέχει ένα αυτοματοποιημένο σύστημα αποφυγής συγκρούσεων και αναγνώρισης κρίσιμων καταστάσεων, απαιτούνται εγκατεστημένοι αισθητήρες όπως radar, LIDAR και κάμερες αναγνώρισης και σάρωσης περιβάλλοντος του πλοίου[47, 48, 49, 50].

Μία παγκόσμια στρατηγική πλοήγησης ωστόσο, η λεγόμενη E-navigation προορίζεται για την κάλυψη των υφιστάμενων και μελλοντικών αναγκών των χρηστών μέσω της εναρμόνισης των συστημάτων θαλάσσιας ναυσιπλοΐας και της υποστήριξης των παράκτιων υπηρεσιών.



Οι μελλοντικές ανάγκες των χρηστών, πρέπει επίσης να επικεντρωθούν σε αυτόνομες λειτουργίες και στο πως αλληλοεπιδρούν τα επανδρωμένα πλοία με τα μη επανδρωμένα, καθώς και στον ρόλο των κέντρων χειρισμού των αυτόνομων πλοίων. Βέβαια οι κανονισμοί και η τυποποίηση των αυτόνομων πλοίων αποτελούν εξίσου ζητήματα ανησυχίας. Ο διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός(ΙΜΟ), ορίζει το E-navigation ως η εναρμονισμένη συλλογή, ακεραιότητα, ανταλλαγή, παρουσίαση και ανάλυση των θαλάσσιων πληροφοριών επί του σκάφους και αντίστοιχα στην ξηρά με ηλεκτρονικά μέσα με σκοπό τόσο την ενίσχυση πλοήγησης αγκυροβόλησης, όσο και την βελτίωση των υπηρεσιών που είναι υπεύθυνες για την ασφάλεια και την προστασία στην θάλασσα, καθώς και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Τον Νοέμβριο του 2014 μάλιστα, η εγκριθείσα στρατηγική SIP(Strategy Implementation Plan) αναφορικά με το E-navigation αποτέλεσε σημαντικό βήμα εξέλιξης στις αποτελεσματικές και ισχυρές μεθόδους επικοινωνίας θαλάσσιων επιχειρήσεων.

Οι κανόνες για την αποφυγή σύγκρουσης πλοίων δίνονται από την διεθνής σύμβαση κανονισμών για την αποφυγή συγκρούσεων στην θάλασσα, την λεγόμενη COLREGS από τον διεθνή ναυτιλιακό οργανισμό ΙΜΟ[51].

Ενώ η σύμβαση COLREGS αναφέρεται σε επανδρωμένα πλοία, τα βασικά στοιχεία των κανονισμών ωστόσο, είναι εξίσου υλοποιήσιμα και στα αυτοματοποιημένα συστήματα αποφυγής συγκρούσεων είτε σε συστήματα υποστήριξης αποφάσεων του πληρώματος, είτε σε απομακρυσμένο έλεγχο μη επανδρωμένων πλοίων. Σε μια αυτόνομη υλοποίηση του συστήματος, η σύμβαση COLREGS επιβάλλει τις απαιτήσεις σχετικά με τις πληροφορίες που πρέπει να παρέχονται από τα συστήματα αισθητήρων και τις ορθές ενέργειες που πρέπει να λάβουν χώρα σε επικίνδυνες καταστάσεις. Τα αυτόνομα και συμβατικά πλοία επιβάλλεται να φέρουν σύστημα αυτόματης αναγνώρισης AIS, με ραδιοσήματα που περιέχουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την θέση, την ταχύτητα και το πλοίο γενικότερα π.χ. είδος φορτίου, που μπορούν να ληφθούν από τα άλλα πλοία και τις αρχές. Οι κανόνες της σύμβασης COLREGS απαιτούν επίσης την επικοινωνία με φώτα και ηχητικά σήματα, ενώ θα περίμενε κανείς πως η επικοινωνία θα επεκταθεί μέσω πρωτοκόλλων ραδιοφωνικής μετάδοσης μελλοντικά, για την υποστήριξη αυτόνομων λειτουργιών στο πλοίο.



Πλέον ένα επανδρωμένο πλοίο διαθέτει από 400 έως αρκετές χιλιάδες αισθητήρες, ώστε να συλλέγουν δεδομένα και να χρησιμοποιούνται σε διάφορες λειτουργίες. Ο αριθμός των αισθητήρων που θα χρησιμοποιούνται στο αυτόνομο πλοίο δεν θα μειωθεί, καθώς η ανάγκη για αναφορά δεδομένων στο κέντρο ελέγχου ξηράς κρίνεται απαραίτητη ώστε η κατάσταση του πλοίου να βρίσκεται υπό ουσιαστικό έλεγχο. Πρόσφατα η εταιρεία Rolls Royce ανακοίνωσε ότι αναπτύσσει ένα κέντρο απομακρυσμένου ελέγχου όσον αφορά την αυτόνομη λειτουργία[52]. Επομένως καταλαβαίνει κανείς, πως ο απομακρυσμένος έλεγχος και η αυτονομία αποτελεί σημαντική προτεραιότητα. Ωστόσο αυτό έχει ως αποτέλεσμα την υψηλή απαίτηση ως προς τις υποδομές επικοινωνίας, καθώς και στην ασφάλεια και ακεραιότητα των δεδομένων που πρέπει να ανταλλάσσονται μεταξύ πλοίου και κέντρου ελέγχου ξηράς.

Από το 2015 η Rolls Royce έχει οδηγήσει σε ένα κοινό ερευνητικό πρόγραμμα μεταξύ βιομηχανιών και ακαδημαϊκών, το λεγόμενο και ως πρωτοβουλία προηγμένων αυτόνομων πλωτών εφαρμογών(AAWA) [53], παρουσιάζοντας την ιδέα των αυτόνομων πλοίων ελεγχόμενα από ελάχιστο ανθρώπινο δυναμικό, μέσω ενός κέντρου ελέγχου ξηράς.

Η έννοια του κέντρου ελέγχου ξηράς, περιλαμβάνει την ιδέα ενός κτιρίου-γέφυρας, εξοπλισμένη με σύγχρονες τεχνολογίες αυτοματισμού που θεωρείται ότι θα είναι μέρος των σύγχρονων πλοίων μέχρι το έτος 2025[54].

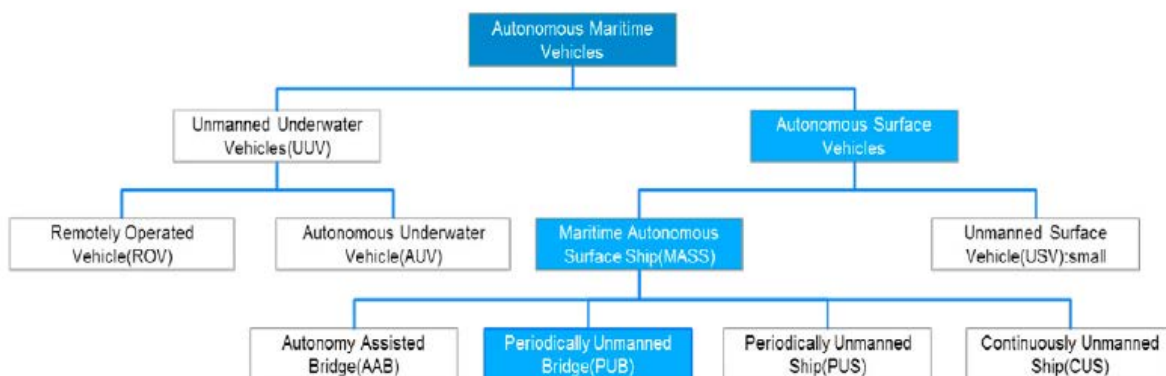
Επί του παρόντος, μια σειρά δοκιμών λαμβάνει χώρα στο 65 μέτρων διπλό οχηματογωγό πλοίο Stella στην Φιλανδία(Εικόνα 14)[,55], οι οποίες θα απαντήσουν στο ερώτημα πως υλοποιείται ο συνδυασμός των υφιστάμενων τεχνολογιών επικοινωνίας και η χρήση των μη επανδρωμένων πλοίων, με τρόπο που να επιτρέπει τον αυτόνομο έλεγχο του πλοίου. Επιπροσθέτως παρόμοιες πρωτοβουλίες αυτόνομων πλοίων έχουν παρουσιαστεί από το ευρωπαϊκό πρόγραμμα MUNIN(Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks), όπου το πλοίο πλέον καθοδηγείται από ένα εγκατεστημένο αυτοματοποιημένο σύστημα αποφάσεων, πλήρως ελεγχόμενο από το κέντρο ελέγχου ξηράς[56].



Εικόνα 14. Αυτόνομο οχηματαγωγό πλοίο Stella

3.2 Λειτουργία αυτόνομου πλοίου

Η λειτουργία του αυτόνομου πλοίου βασίζεται στο λεγόμενο PUS (Periodically unmanned ship), όπως αυτό παρουσιάζεται στην εικόνα 15 και ορίζεται σύμφωνα με το Νορβηγικό φόρουμ αυτόνομων πλοίων[57]. Δηλαδή το πλοίο είναι ικανό να λειτουργεί χωρίς πλήρωμα στην γέφυρα για περιορισμένα χρονικά διαστήματα, στην ανοιχτή θάλασσα και με καλές καιρικές συνθήκες. Το πλήρωμα θα βρίσκεται επί του πλοίου και θα δρα μόνο σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης



Εικόνα 15. Λειτουργία Αυτόνομου Πλοίου PUS

Οι μέθοδοι λειτουργίας και ελέγχου των αυτόνομων πλοίων μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες όπως παρουσιάζονται στην εικόνα 16. Σε αρχικό στάδιο το πλοίο εισέρχεται με ασφάλεια στο λιμάνι υπό τους χειρισμούς του πιλότου, από το λιμάνι εισόδου/αναχώρησης μέχρι το σημείο πλήρους διέλευσης (FAOP) και το τέλος της θαλάσσιας διέλευσης (EOSP).



Από εκείνη την στιγμή ο έλεγχος της λειτουργίας του πλοίου ανακτάται από το ίδια τα συστήματα του πλοίου, σε συνεργασία με τον απομακρυσμένο χειριστή του χερσαίου κέντρου ελέγχου. Το ταξίδι πλέον υλοποιείται με πλήρως αυτόνομη λειτουργία, καθώς υφίσταται αυτόνομη κρίση του πλοίου. Όταν παρατηρείται μία μη φυσιολογική κατάσταση εσωτερικά η εξωτερικά του πλοίου, τότε την λειτουργία αναλαμβάνει το ίδιο το αυτόνομο πλοίο, ενώ ελέγχεται απομακρυσμένα. Είναι δυνατή η παρακολούθηση της κατάστασης του πλοίου σε πραγματικό χρόνο, μέσω της μετάδοσης πληροφοριών πλοήγησης που δημιουργούνται κατά την διάρκεια της λειτουργίας του πλοίου στο κέντρο ξηράς.

Η ανάλυση των αισθητήρων όπως οι κάμερες η οι διάφορες πληροφορίες αισθητήρων γενικότερα, στους εξοπλισμούς των συστημάτων και των εγκαταστάσεων του πλοίου προσδιορίζονται, όπως εξίσου και τα απαιτούμενα μέτρα που πρέπει να ληφθούν κατά την διαδικασία απομακρυσμένου ελέγχου του πλοίου.



Εικόνα 16. Μη επανδρωμένη περιοχή πλοήγησης αυτόνομων φορτηγών πλοίων

3.3 Ευφυής τεχνολογία πληροφοριών αυτόνομων πλοίων

Η τελευταία εποχή της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης ονομάζεται έξυπνη τεχνολογία πληροφοριών. Οι έξυπνες πληροφορίες αποτελούν μια τεχνολογία όπου υλοποιεί δραστηριότητες υψηλού επιπέδου επεξεργασίας πληροφοριών (γνωστικές, συλλογιστική μάθηση και η λήψη αποφάσεων), όπως όταν η κρίση των κατάλληλων συμπεριφορών και οι πληροφορίες που εντοπίζονται από τις ανθρώπινες αισθήσεις, μεταδίδονται στον εγκέφαλο. Πρόσφατα αυτή η τεχνολογία ονομάστηκε ICBMS (IoT, Cloud, Big data, Mobile, Security) σε συνδυασμό με την τεχνητή νοημοσύνη AI (Artificial Intelligence).



- IoT: Το Διαδίκτυο των πραγμάτων IoT (Internet of Things), σημαίνει όλα πλέον τα πράγματα συνδέονται διαδικτυακά, χωρίς αυτό να σημαίνει πως συνδέονται είτε φυσικά είτε εννοιολογικά. Η έννοια των πραγμάτων αναφέρεται στο γεγονός ότι πλέον μπορούν να παρέχουν νέες λειτουργίες και νέες αξίες που υπό άλλες περιπτώσεις δεν θα ήταν δυνατόν, ενώ είναι πολύ σημαντικό η διασύνδεση των πραγμάτων να αποφέρει χρήσιμα δεδομένα και αξίες που θα χρησιμοποιούνται προς όφελος των χρηστών[58].
- Cloud – IT Infra Service: Η υπηρεσία cloud [59], η οποία παρέχει στους χρήστες τους πόρους πληροφορικής που χρειάζονται οποιαδήποτε στιγμή μέσω ενσύρματων και ασύρματων κινητών τερματικών και διαδικτύου, προσελκύει την προσοχή στην 4^η βιομηχανική επανάσταση. Μια υπηρεσία cloud είναι μια υπηρεσία που παρέχει πόρους με βάση το διαδίκτυο, το λογισμικό και την υποδομή πληροφοριών. Ο πάροχος υπηρεσιών διανέμει ένα μεγάλο μέρος των υπολογιστικών πόρων, για να διαθέσει αναγκαίους πόρους στο διαδίκτυο όπως είναι απαραίτητο.
- Big Data Platform – Analysis Service: Τα χαρακτηριστικά των δεδομένων που καταγράφονται σε συνδυασμό με όλες τις δραστηριότητες μεταξύ των ανθρώπων και των πραγμάτων είναι ότι ο όγκος είναι μεγάλος, η ταχύτητα αλλαγής είναι γρήγορη και η ιδιότητα των δεδομένων είναι η τιμή στα μεταβλητά δεδομένα, όπως στα μεγάλα δεδομένα. Υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων ροής που παράγονται από τους αισθητήρες του πλοίου για την υποστήριξη της σε βάθος ανάλυσης, ονομάζεται πλατφόρμα δεδομένων[60,61,62]. Στην έξυπνη αυτόνομη αρχιτεκτονική του πλοίου, η πλατφόρμα μεγάλων δεδομένων χωρίζεται σε δύο τύπους. Αρχικά υπάρχει η μεγάλη πλατφόρμα δεδομένων εντός του πλοίου. Πρόκειται για μία πλατφόρμα ανάλυσης που βασίζεται στην μνήμη (Edge Analytic Platform), η οποία μπορεί να συλλέγει και να αποθηκεύει τις πληροφορίες που παράγονται ή εισάγονται εντός και εκτός πλοίου σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας την επεξεργασία των αναλύσεων σε δευτερόλεπτα, χρησιμοποιώντας διάφορες υπηρεσίες εφαρμογής.



Ο επόμενος τύπος είναι μία ολοκληρωμένη πλατφόρμα ανάλυσης που συλλέγει και αποθηκεύει πληροφορίες σχετικά με τις πληροφορίες κατάστασης λειτουργίας ορισμένων πλοίων και άλλων συστημάτων πληροφόρησης στην ξηρά.

Η ολοκληρωμένη αναλυτική πλατφόρμα στην ξηρά υποστηρίζει την παρακολούθηση των πλοίων και τις δραστηριότητες βελτίωσης διαφόρων εφαρμογών υπηρεσιών και αλγορίθμων ανάλυσης.

- **Mobile – IoT & Mobile:** Σε ένα μη επανδρωμένο αυτόνομο πλοίο πλοήγησης, οι πάροχοι κινητής υπηρεσίας ανταλλάσσουν πληροφορίες (μηνύματα, φωνή, βίντεο) με τον επισκευαστή και με το κέντρο χερσαίων δεδομένων, ώστε να λύσουν το ενδεχόμενο πρόβλημα με τον εξοπλισμό του πλοίου. Οι πληροφορίες αυτές διαχειρίζονται σε πραγματικό χρόνο ως το ιστορικό συντήρησης και αυτό χρησιμοποιείται ως δεδομένο ανάλυσης προληπτικής συντήρησης[63].
- **Security – IoT & Security:** Στην ναυπηγική βιομηχανία, η εισαγωγή τεχνολογίας πληροφορικής επέτρεψε την αυτοματοποίηση και τις υπηρεσίες πληροφόρησης των πλοίων για την επίτευξη αποτελεσματικότητας, ενώ η επέκταση της τεχνολογίας πληροφορικής εκμεταλλεύεται τις ευπάθειες του εξοπλισμού πληροφορικής π.χ. των κέντρων δεδομένων χερσαίας μεταφοράς τοποθετημένα σε πολλά πλοία, διαρροή πληροφοριών, επιθέσεων σε υποδομές και συστήματα, κακόβουλο κώδικα, επιθέσεις δικτύου, προσωπικές επιθέσεις ή παραχάραξη δεδομένων κλπ. Η αρχιτεκτονική μεθόδου επίλυσης προβλημάτων στον κυβερνοχώρο αναλύεται σε τρία μέρη. Πρώτον, η εξακρίβωση της ταυτότητας και προστασίας δεδομένων σε συνδυασμό με πρόληψη της παραβίασης του εξοπλισμού πληροφοριών που είναι εγκατεστημένο στα αυτόνομα πλοία. Δεύτερον, η αποτροπή της κρυπτογράφησης και πλαστογράφησης των δεδομένων στο δίκτυο ασύρματης επικοινωνίας π.χ.(δορυφόρος, LTE) μεταξύ αυτόνομων πλοίων και χερσαίων κέντρων δεδομένων. Τρίτον, η κάλυψη της ασφάλειας αναφορικά με την πιστοποίηση χρήστη, την προστασία πληροφοριών και την πρόληψη εισβολής[64].



- AI: Ο όρος AI (Artificial Intelligence) [65, 66, 67, 68], αναφέρεται στην νοημοσύνη που δημιουργείται από μηχανές. Από φιλοσοφικής άποψης, η τεχνητή νοημοσύνη διακρίνεται μεταξύ ισχυρής (Strong AI) και αδύναμης (Weak AI).
Η ισχυρή νοημοσύνη έχει να κάνει με την αντίληψη ενός υπολογιστή, όπου πλέον μια μηχανή αυτόνομα σκέφτεται και λύνει συγκεκριμένο πρόβλημα.
Στην άλλη περίπτωση ουσιαστικά δεν πρόκειται για νοημοσύνη αλλά για μίμηση της, καθώς χρησιμοποιείται ένα σύνολο προετοιμασμένων κανόνων. Παραδείγματα αυτής της αντιπροσωπευτική νοημοσύνης, αποτελούν τα αυτόνομα πλοία και οχήματα, ιατρική διάγνωση, απόδειξη μαθηματικών και επίλυση παιχνιδιών.
Ουσιαστικά η τεχνική νοημοσύνη που εφαρμόζεται στην περίπτωση των αυτόνομων πλοίων θεωρείται weak AI, καθώς βασίζεται στην ανάπτυξη προγράμματος ηλεκτρονικών υπολογιστών που εκτιμά και κρίνει περιπτώσεις κινδύνου, ενώ η ασφάλεια της μάθησης βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα.
- Έξυπνη αυτόνομη υπηρεσία πλοίου και ξηράς: Προκειμένου ένα πλοίο να προηγηθεί αυτόνομα στους ωκεανούς, βασικά πρέπει να περιέχει λειτουργικά στοιχεία. Οι κύριες σύγχρονες τεχνολογίες, παρέχουν την δυνατότητα συλλογής πληροφοριών σχετικά με τις καταστάσεις του περιβάλλοντος εσωτερικά και εξωτερικά του πλοίου, την λειτουργία κρίσεως και ανάλυσης απαιτούμενων πληροφοριών, απαραίτητων για την εύρυθμη λειτουργία του πλοίου. Επιπροσθέτως δίνεται η δυνατότητα ελέγχου του πλοίου, σύμφωνα με το αποτέλεσμα της αυτόνομης κρίσης, ενώ λαμβάνει χώρα μετάδοση υφιστάμενης κατάστασης κινδύνου του πλοίου σε πραγματικό χρόνο, στο κέντρο ελέγχου ξηράς όταν απαιτείται. Ουσιαστικά πρόκειται για μία λειτουργία, που στοχεύει στην πραγματοποίηση απομακρυσμένου ελέγχου επί της ξηράς, μέσω της συλλογής λειτουργικού ελέγχου από το πλοίο στο κέντρο ελέγχου ξηράς, όταν διέρχεται από μια περιοχή λιμένα.



3.4 Ανάλυση κύριων τεχνολογικών συστημάτων αυτόνομων πλοίων

3.4.1 Αυτόματο σύστημα πλοήγησης

Το αυτόματο σύστημα πλοήγησης ANS (Automatic Navigation System) που αναφέρεται στην έκθεση AAWA, θα αποτελείται από διάφορες λειτουργίες όπως σχεδιασμού διαδρομής PR (Route Planning), μονάδα αναγνώρισης κρίσιμων καταστάσεων SA (Situational Awareness), μονάδα αποφυγής συγκρούσεων CA (Collision Avoidance), όσο και μονάδα ανίχνευσης κατάστασης πλοίου SSD (Ship State Detection).

Κάθε μονάδα θα έχει την δική της λειτουργία και όταν συνδυαστεί με το δυναμικό σύστημα αναγνώρισης θέσης (dynamic positioning), το σύστημα προώθησης (propulsion system) και το σύστημα σύνδεσης δεδομένων προς τον χειριστή στο κέντρο ελέγχου, τότε θα έχουμε ένα ολοκληρωμένο σύνολο αυτόνομου συστήματος πλοήγησης.

Η μονάδα ανίχνευσης κατάστασης πλοίου SSD και η μονάδα εικονικού καπετάνιου VC (Virtual Captain), έχουν την υψηλότερη προτεραιότητα, καθώς συλλέγουν πληροφορίες από όλα τα άλλα συστήματα και αποφασίζουν σε ποια κατάσταση λειτουργεί το πλοίο.

Ανάλογα με τα άλλα συστήματα, η μονάδα VC αποφασίζει εάν το πλοίο θα πρέπει να λειτουργεί σε αυτόνομη, απομακρυσμένη ή αποτυχημένη σε ασφαλή λειτουργία. Η επίγνωση της κατάστασης αποτελεί σημαντικό μέρος της ασφαλούς πλοήγησης ενός πλοίου. Η συνειδητοποίηση της κατάστασης ενός μη επανδρωμένου πλοίου, πρέπει να είναι τουλάχιστον τόσο καλή όσο και στο συμβατικά επανδρωμένο. Η μονάδα αναγνώρισης καταστάσεων SA, παρέχει στην μονάδα αποφυγής συγκρούσεων CA πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον και τα κοντινά πλοία, τα οποία στην συνέχεια χρησιμοποιούνται από την CA για την εκτίμηση και αποφυγή του κινδύνου σύγκρουσης. Σε αντίθεση με την μονάδα σχεδιασμού διαδρομής RP που χρησιμοποιείται ως εργαλείο προγραμματισμού, η μονάδα CA βρίσκεται πάντα ενεργή και λαμβάνει αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο, ανάλογα με την υφιστάμενη κατάσταση[69].



3.4.2 Σύστημα αισθητήρων

Η μονάδα SA θα χρησιμοποιεί διαφορετικούς τύπους αισθητήρων, για να συλλέξει πληροφορίες από το περιβάλλον και να τις συνενώσει. Η σημερινή ναυτική τεχνολογία όπως το ραντάρ, το GPS, το AIS, το ARPA και το ECDIS έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν συνδυαστικά με άλλο τύπο εξοπλισμού. Είναι βέβαιο πως κάποιο είδος εξοπλισμού κάμερας είναι απαραίτητο για τον εντοπισμό κοντινών αντικειμένων που θα λειτουργεί σαν πραγματική εικόνα, αντίστοιχη με αυτή που θα είχε ο χειριστής ενός συμβατικού πλοίου.

Με την συνδυαστική χρήση προηγμένων συσκευών φωτογραφικών μηχανών, όπως θερμικών μηχανών η καμερών υψηλής ευκρίνειας, δίνεται η δυνατότητα στον χειριστή να αποκτήσει μία ουσιαστική και πλήρως ολοκληρωμένη εικόνα του πλοίου. Ωστόσο ένα σημαντικό πρόβλημα αποτελεί το γεγονός ότι οι κάμερες εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις καιρικές συνθήκες, το οποίο σημαίνει ότι σε περιπτώσεις χιονόπτωσης η βροχόπτωσης θα υφίσταται εκτεταμένη δυσλειτουργία. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι κάποιοι τύποι αισθητήρων όπως το ραντάρ ή το LIDAR πρέπει να λειτουργούν σε συνδυασμό με τις κάμερες.

Τα ραντάρ που χρησιμοποιούν στη σημερινή εποχή τα πλοία είναι εξαιρετικά στον καθορισμό αποστάσεων και προσφέρουν ικανοποιητικό οπτικό πεδίο στις περισσότερες περιπτώσεις καιρικών συνθηκών. Βέβαια έχουν και μειονεκτήματα, όπως η μη ανίχνευση μικρών αντικειμένων η όταν ανιχνευτούν δεν προσφέρουν επαρκή ανάλυση τους, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την πλοήγηση σε μικρής έκτασης θαλάσσιες περιοχές εντός λιμένων[69].

Τα ναυτικά ραντάρ λειτουργούν συνήθως στη ζώνη S η X, που δίνει μια καλή ακρίβεια και εύρος για μια σχετικά χαμηλή τιμή. Ωστόσο χρησιμοποιώντας ραντάρ που λειτουργούν σε υψηλότερες συχνότητες όπως η ζώνη K η W, είναι δυνατόν να επιτευχθεί καλύτερη ανάλυση και πιο λεπτομερής εικόνα, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά την πλοήγηση σε μικρότερης έκτασης θαλάσσιες περιοχές.



Το μειονέκτημα της χρήσης ραντάρ υψηλής ραδιενέργειας είναι, ότι δεν προσφέρουν επαρκές εύρος για να χρησιμοποιηθούν ως κύριο σύστημα πλοήγησης, το οποίο συνεπάγεται ότι πρέπει να συνδυαστούν με κανονικά ραντάρ ζώνης S η X.

Τα ραντάρ υψηλής συχνότητας χρησιμοποιούνται επί του παρόντος στην αυτοκινητοβιομηχανία, ως βοήθημα στάθμευσης η ανίχνευσης τυφλών σημείων. Το LIDAR αντιπροσωπεύει την ανίχνευση φωτός και εύρους. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα σύστημα που μετράει το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να φτάσει το φως σε ένα αντικείμενο και να επανέλθει σε μορφή αντανάκλασης στην αρχική του θέση, έτσι δημιουργεί ένα πολύ λεπτομερή τρισδιάστατο χάρτη του περιβάλλοντος. Το σύστημα LIDAR εφαρμόζεται επί του παρόντος σε αυτοκινούμενα οχήματα της Google, σε συνδυασμό με ραντάρ, κάμερες και υπερήχους.

Βέβαια η αξιοπιστία του LIDAR σε θαλάσσιο περιβάλλον δεν έχει εξεταστεί πλήρως, καθώς το συγκεκριμένο σύστημα επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες, ενώ αποτελείται από κινούμενα εξαρτήματα, που είναι επιρρεπή σε φαινόμενα δυσλειτουργίας.

Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας 22, όπου συγκρίνονται οι διαφορετικοί τύποι αισθητήρων τονίζοντας τα αδύναμα και τα δυνατά τους σημεία. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα, να συνδυαστούν οι διάφοροι τύποι αισθητήρων, ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα σφάλματα και να αντιμετωπιστούν όλες οι πιθανές αδυναμίες[69].

	Visual HD cameras	IR cameras	Ship radar	Short-range radar	LIDAR	Sound
Spatial Accuracy	++	+	--	-	++	--
Field of view	+	-	++	-	+	++
Distance measurement	-	-	++	++	++	--
Object identification	++	+	--	--	+	+
24H, all weather operation	--	+	++	++	+(?)	-(?)
Computational load of analysis	--	-	++	++	--	+
Marine robustness	++	++	++	+(?)	(?)	(?)
Price	++	-	+/-	++	--	+

Πίνακας 22. Σύγκριση τύπων αισθητήρων από την Rolls Royce[70]



3.4.3 Κέντρο Ελέγχου Ξηράς

Η επικοινωνία με το κέντρο ελέγχου ξηράς SCC (Shore Control Centre), πρέπει να είναι διαθέσιμη ανά πάσα ώρα και στιγμή. Εάν το σύστημα ηλεκτρονικού υπολογιστή δεν καταφέρει να επιλύσει μια κατάσταση κινδύνου, ο χειριστής οφείλει να είναι σε θέση άμεσα και αποτελεσματικά να αναλάβει τον απομακρυσμένο έλεγχο του σκάφους. Δεν είναι απαραίτητο να μεταδίδονται όλα τα δεδομένα όταν το πλοίο βρίσκεται υπό πλήρη αυτόνομη λειτουργία, ωστόσο όταν αυτό κριθεί απαραίτητο οι πληροφορίες πρέπει να είναι άμεσα διαθέσιμες.

Η ποσότητα των δεδομένων που πρέπει να μεταφερθούν, αυξάνεται με την ποσότητα των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται επί του σκάφους. Οι κάμερες HD και οι αισθητήρες LIDAR, παράγουν σημαντικό αριθμό δεδομένων που πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη. Είναι δυνατόν να μειωθεί η ποσότητα των δεδομένων που πρέπει να μεταφερθούν συμπιέζοντας το βίντεο και χρησιμοποιώντας μικρότερης ανάλυσης εικόνα.

Η μονάδα SA είναι ικανή να λάβει μόνο τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του πλοίου που πρέπει να επεξεργαστούν. Στην ανοιχτή θάλασσα το πλοίο θα χειριστεί τις περισσότερες καταστάσεις αυτόνομα και από το κέντρο ελέγχου θα λαμβάνει ένα ελάχιστο ποσοστό δεδομένων, με σκοπό την αποτελεσματική εποπτεία του πλοίου[71]. Ωστόσο πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, οι διαφορετικοί τρόποι μετάδοσης δεδομένων. Ταχύτερες συνδέσεις είναι συνήθως διαθέσιμες κοντά στην ξηρά, όπου το πλοίο μπορεί να χρησιμοποιεί σύνδεση 4G ή κάποιο άλλο αξιόπιστο δίκτυο, όταν πλοηγείται κοντά στην ξηρά. Στις ανοιχτές θάλασσες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και άλλες εναλλακτικές λύσεις, όπως δορυφόροι ή συχνότητες VHF. Η διαθεσιμότητα εύρους ζώνης ίσως αποτελέσει πρόβλημα στις απασχολημένες διαδρομές, εάν πολλά πλοία ταυτόχρονα απαιτούν ροή σε υψηλή ανάλυση. Παρόλα αυτά εάν το κέντρο ελέγχου ξηράς χάσει την επικοινωνία με το πλοίο, τότε το σύστημα εικονικού καπετάνιου VC, αλλάζει την κατάσταση του πλοίου σε αποτυχία σε ασφαλή λειτουργία και πλέον υπάρχει πλευση έως ότου υπάρξει επιτυχής επανασύνδεση της επικοινωνίας με το κέντρο ελέγχου[72].



3.5 Κατευθυντήριες γραμμές λειτουργικότητας αυτόνομων συστημάτων

Σε αυτό το κεφάλαιο είναι πολύ σημαντικό να δοθούν οι κατευθυντήριες γραμμές για την διασφάλιση κατάλληλου επιπέδου λειτουργικότητας, των συστημάτων, που σχετίζονται με υπηρεσίες αναφορικά με την λειτουργία αυτόνομων πλοίων. Για κάθε αυτόνομο σύστημα έχει υιοθετηθεί μία προσέγγιση, βασισμένη στους στόχους που έχουν τεθεί για τον καθορισμό ενός ελάχιστου επιπέδου λειτουργικότητας και συστάσεων για τον σχεδιασμό του συστήματος[71].

3.5.1 Σύστημα πλοήγησης

- Στόχος: Ο στόχος του αυτόνομου συστήματος πλοήγησης ANS, είναι να βρίσκεται σε θέση να πλοηγήσει το πλοίο με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα, κατά μήκος ενός προκαθορισμένου σχεδίου ταξιδιού, λαμβάνοντας υπόψη την κυκλοφορία και τις καιρικές συνθήκες.
- Λειτουργικές απαιτήσεις: Το αυτόνομο σύστημα πλοήγησης πρέπει να είναι υπεύθυνο για όλα τα ζητήματα που αφορούν την ναυσιπλοΐα σύμφωνα με το νομικό πλαίσιο. Το ANS, θα πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα κανάλια επικοινωνίας SCC για τηλεχειριζόμενους η εξ αποστάσεως χειρισμούς και πλοηγήσεις. Επιπροσθέτως το σύστημα πλοήγησης, πρέπει να γνωρίζει την κυκλοφορία και τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες, ώστε εάν χρειαστεί να προβεί σε τροποποίηση της διαδρομής πλοήγησης, ανάλογα με την διατήρηση του πλοίου στο προκαθορισμένο σχέδιο διαδρομής. Οι λειτουργίες πρόσδεσης και , καθώς και η προσέγγιση στο λιμάνι πρέπει να εποπτεύονται απομακρυσμένα και να ελέγχονται, στην περίπτωση όπου το επίπεδο αυτονομίας δεν επιτρέπει την πλήρη αυτονομία, για τέτοιου είδους λειτουργίες. Σε περιπτώσεις προβλημάτων συνδεσιμότητας, μία λειτουργία αποτυχία ασφαλούς πλοήγησης πρέπει να οριστεί, ώστε το πλοίο να λειτουργήσει σε ασφαλή κατάσταση σύμφωνα πάντα με τον τρόπο λειτουργίας και το επίπεδο αυτονομίας π.χ. ελιγμοί στην θάλασσα η σε λιμένα.



- Βιβλιογραφικές αναφορές: Το σύστημα πλοήγησης πρέπει να συμμορφώνεται με τις εφαρμοζόμενες απαιτήσεις και τους κανονισμούς, που σχετίζονται με την εκχώρηση της ακόλουθης πρόσθετης κλάσης σύμφωνα με τους κανόνες NR467 για πλοία χάλυβα:
 - Για ολοκληρωμένα συστήματα γέφυρας (SYS-IBS, NR467 Pt F, Ch 4, Sec 2) [73].
 - Για σύστημα διατήρησης ισορροπίας (DYNAPOS AM/AT R, NR467 Pt F, Ch 11, Sec 6) [73].

- Σχεδιασμός διαδρομής: Το σχέδιο ταξιδιού περιγράφεται ως το πλήρες ταξίδι από την αναχώρηση έως την άφιξη και λαμβάνοντας υπόψη τα διαγράμματα και τις καιρικές προβλέψεις, θα πρέπει να ενημερωθεί η και να επαναπροσδιοριστεί σε κάθε περίπτωση από τον χειριστή του κέντρου ελέγχου ξηράς. Το σχέδιο ταξιδιού πρέπει να καθοριστεί σύμφωνα με τον προσδιορισμό σημείων πορείας, γωνιών στροφής και ασφαλών ταχυτήτων που πρέπει να ακολουθούνται από το πλοίο κατά την διάρκεια του ταξιδιού.

Ανάλογα με το επίπεδο αυτονομίας, το αυτόνομο σύστημα πλοήγησης θα πρέπει να είναι σε θέση να ειδοποιεί το κέντρο ελέγχου ξηράς SCC, κάθε φορά που το πλοίο αποκλίνει από την προγραμματισμένη πορεία και να αποστέλλει ένα συναγερμό, όταν η απόκλιση βρίσκεται εκτός προκαθορισμένων ορίων. Η ανοχή στην απόκλιση θα πρέπει να καθορίζεται σύμφωνα με το πλαίσιο π.χ. υψηλή πυκνότητα κυκλοφορίας, προκειμένου να αποφευχθεί η υπερφόρτωση πληροφοριών για τον επιβλέποντα. Σε περίπτωση αποτυχίας σύνδεσης μεταξύ πλοίου και κέντρο ελέγχου ξηράς, για ορισμένο χρονικό διάστημα που θα οριστεί ανάλογα με το επίπεδο αυτονομίας, το πλοίο θα πρέπει να εισέλθει σε λειτουργία αποτυχία-ασφαλούς σύνδεσης.



Ο στόχος της συγκεκριμένης λειτουργίας είναι να ανακτήσει την ασφαλή κατάσταση του πλοίου και να συμπεριλάβει τα ακόλουθα στάδια, ανάλογα με την εκτίμηση της επικινδυνότητας:

- Ο χειριστής επιχειρεί να αναλάβει χειροκίνητο έλεγχο
- Το πλοίο επιβραδύνεται μέχρι το επόμενο σημείο
- Διακοπή λειτουργίας πλοίου στην τρέχουσα θέση
- Το πλοίο επιστρέφει στο προηγούμενο σημείο

➤ Πλοήγηση: Τα δεδομένα από διάφορους αισθητήρες του πλοίου πρέπει να συλλέγονται και να αξιολογούνται, προκειμένου να προσδιορίζεται διεξοδικά η τοποθεσία και η κατεύθυνση του πλοίου. Επαρκής τοποθέτηση αισθητήρων από πολλαπλές πηγές, θα μπορούσε να εξασφαλίσει υψηλό βαθμό ακρίβειας δεδομένων. Επίσης η τρέχουσα ταχύτητα και το βάθος του νερού θα παρακολουθείται αξιόπιστα. Τα δεδομένα για την πρόγνωση της ναυσιπλοΐας και τα καιρικά φαινόμενα, πρέπει να ανακτηθούν από συνδυασμένες εξωτερικές πηγές όπως τα συστήματα SCC, AIS πομποδέκτες η παροχές δεδομένων π.χ. Navigation Telex NAVTEX, SafetyNET. Το σύστημα ANS θα πρέπει να είναι ικανό να προσδιορίζει τις υποχρεώσεις COLREGS του πλοίου προς όλα τα αντικείμενα της περιοχής και να υπολογίζει τα μέτρα απόκλισης που είναι εναρμονισμένα με την σύμβαση COLREGS, για δεδομένες συνθήκες κυκλοφορίας.

Για τον σχεδιασμό διαδρομών, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται λύσεις όπως αλγόριθμοι βασισμένοι στην δειγματοληψία ενώ για την αποφυγή συγκρούσεων, αλγόριθμοι βασισμένοι στην ταχύτητα αποτελούν εξίσου σημαντικό βοήθημα. Όταν το επίπεδο αυτονομίας απαιτεί εποπτεία κατά την διάρκεια επιχειρήσεων στο λιμάνι π.χ. αποβίβαση, οι υψηλές συνθήκες κυκλοφορίας κοντά στην ξηρά, τότε χερσαία επικοινωνιακά δίκτυα πρέπει να χρησιμοποιηθούν, για να εξασφαλίσουν μέγιστο όριο διαθεσιμότητας και ελάχιστη καθυστέρηση παροχής πληροφοριών.



- Δυναμική κατάσταση πλοίου: Τα δεδομένα κατάστασης του πλοίου πρέπει να περιλαμβάνουν την θέση με μετατόπιση, το βύθισμα, την κίνηση του πλοίου με 6 βαθμούς ελευθερίας και πληροφορίες σχετικά με τα συστήματα πρόωσης και διεύθυνσης. Η παρακολούθηση του φορτίου πρέπει επίσης να αποτελεί μέρος της κατάστασης του πλοίου. Η δυναμική κατάσταση του πλοίου, δηλαδή ταχύτητες και επιτάχυνση, πρέπει εξίσου να προβλεφθεί μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα λιγότερο των 5 λεπτών, με βάση τα χαρακτηριστικά του πλοίου, τις περιβαλλοντικές συνθήκες π.χ. άνεμος, κύματα. Η κατανομή βάρους του πλοίου πρέπει να υπολογίζεται ώστε να προσδιορίζεται ουσιαστικά η ισορροπία και να ελέγχεται η σταθερότητα του.
- Συγκέντρωση δεδομένων: Το πλοίο θα πρέπει να συγκεντρώνει ανεξάρτητα δεδομένα καιρού από τους δικούς του αισθητήρες. Τα συσσωρευμένα δεδομένα όπως η ταχύτητα του ανέμου, συχνότητα κυμάτων, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για μετέπειτα καιρικές συνθήκες δρομολόγησης, ενώ θα πρέπει να αποθηκεύονται και να παρέχονται στο κέντρο ελέγχου ξηράς. Οι αισθητήρες πλοήγησης στο πλοίο θα πρέπει συνεχώς να συλλέγουν δεδομένα, ώστε να δημιουργείται μια ολοκληρωμένη εικόνα κυκλοφορίας στην γειτονική περιοχή του πλοίου. Τα αντικείμενα θα πρέπει να ανιχνεύονται, να αναγνωρίζονται και να παρακολουθούνται. Αυτή η αξιολόγηση της κυκλοφορίας πρέπει να υποστηριχθεί από ένα τουλάχιστον σύστημα CCTV.
- Αξιολόγηση καιρικών συνθηκών: Τα δεδομένα του καιρού που συγκεντρώθηκαν από το πλοίο, πρέπει να αξιολογηθούν σε σχέση με τις προβλέψεις καιρού που έχουν ληφθεί από την ακτή μέσω του κέντρο ελέγχου. Με αυτό τον συνδυασμό δεδομένων, μία έγκυρη εκτίμηση των ρευμάτων και των μελλοντικών καιρικών συνθηκών κατά μήκος του σχεδίου διαδρομής, οφείλει να πραγματοποιηθεί. Συνδυαστικά με προκαθορισμένες παραμέτρους και λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες σταθερότητας και ευελιξίας, η βελτιστοποίηση της διαδρομής, πρέπει να πραγματοποιείται, υπό κριτήρια αξιολόγησης καιρικών συνθηκών.



- Αποφυγή συγκρούσεων: Για να πλοηγείται το πλοίο με ασφάλεια και να συμμορφώνεται με τις διεθνείς συμβάσεις COLREGS, πρέπει να υφίσταται συνεχής παρακολούθηση της τρέχουσας κατάστασης της κυκλοφορίας. Όλα τα δεδομένα που σχετίζονται με την κίνηση θα πρέπει να συνδυάζονται και να αξιολογούνται, σε συνδυασμό με πιθανά προβλεπόμενα μελλοντικά σενάρια. Μόλις εντοπιστεί μία πιθανή κατάσταση κινδύνου, τότε πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα, όπως μείωση ταχύτητας, πρόβλεψη και αντίδραση στις κινήσεις εμποδίου αλλά και απόκλιση από την αρχική πορεία του πλοίου.
- Καταγραφή διαδρομής: Δεδομένα από βασικές διεργασίες του πλοίου όπως πλοήγηση, μηχανές πρόωσης η οποιαδήποτε σημαντική διαδικασία προσδιορίζεται κατά την διάρκεια της εκτίμησης κινδύνου, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να αποθηκεύονται σε μία βάση δεδομένων. Τα δεδομένα κατάστασης πλοίου είναι παρόμοια με αυτά που καταγράφει ένα σύστημα VDR, οπότε θα πρέπει να μπορούν να ανακτηθούν άμεσα και οποιαδήποτε στιγμή από το κέντρο ελέγχου ξηράς.
- Καταστάσεις έκτακτης ανάγκης: Οι πιθανές απειλές ως προς την ασφάλεια του πλοίου, θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν με μόνιμα και αξιόπιστα μέσα ενημέρωσης του κέντρου ελέγχου ξηράς και άλλων διαδικασιών του πλοίου όπως συναγερμός πυρκαγιάς.
- Συσκευές που χρησιμοποιούνται για την επίγνωση καταστάσεων του πλοίου: Σχετικές παράμετροι εισόδου για την διαδικασία αυτόνομης πλοήγησης, πρέπει να παρέχονται από τις συσκευές π.χ. αισθητήρες, ώστε να υπάρχει ένας ακριβής προσδιορισμός της τρέχουσας κατάστασης, καθώς παρέχει στο αυτόματο σύστημα πλοήγησης μία πλήρης εικόνα τόσο της κίνησης γύρω από το πλοίο όσο και των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν, σε συνδυασμό με στοχευμένα δεδομένα αναφορικά με αντικείμενα που έχουν εντοπιστεί.



Η παροχή δεδομένων στο ANS, πρέπει να λαμβάνει χώρα μέσω συστήματος αισθητήρων, που λαμβάνουν υπόψη τα δεδομένα των υπάρχοντων αισθητήρων πλοήγησης (π.χ. δεδομένα που παρέχονται από το LIDAR, GNSS, κάμερες), ώστε να συγκεντρώνονται, να επεξεργάζονται και να συσχετίζονται μεταξύ τους με σκοπό την χαρτογράφηση μίας ρεαλιστικής απεικόνισης του περιβάλλοντος του πλοίου. Ωστόσο θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στους περιορισμούς λόγω τεχνικών και νομικών λόγων αναφορικά με την σύμβαση COLREGS. Οι αισθητήρες θα πρέπει να είναι σε θέση να ανιχνεύουν μερικώς βυθισμένα αντικείμενα τυπικού μεγέθους container, σε απόσταση λιγότερο από ένα χιλιόμετρο. Επιπροσθέτως θα πρέπει το σύστημα αισθητήρων να ανιχνεύει σωσίβια σχέδια, η άτομο στην θάλασσα από μικρή απόσταση, περίπου μερικά εκατοστά. Τέλος οι αισθητήρες οφείλουν να είναι σε θέση να ανιχνεύουν οποιονδήποτε περιορισμό στο εύρος λειτουργίας, όπως μειωμένη ορατότητα μέσω π.χ. χρήση της πιθανότητας κυκλικού σφάλματος για την ανίχνευση της αβεβαιότητας της θέσης του αντικειμένου.

3.5.2 Μηχανικό σύστημα

- Στόχος: Ο στόχος του αυτόνομου μηχανικού συστήματος είναι να εξασφαλίζει την ασφάλεια πλεύσης σε όλες τις συνθήκες, συμπεριλαμβανομένων των ελιγμών, οι οποίοι είναι ισοδύναμοι με εκείνους των συμβατικών πλοίων.
- Λειτουργικές απαιτήσεις: Το αυτόνομο μηχανικό σύστημα πρέπει να ελέγχει και να παρακολουθεί αποτελεσματικά την μονάδα πρόωσης καθώς και το σύστημα διεύθυνσης. Επιπροσθέτως κρίνεται αναγκαίο να μειώνει το αντίκτυπο των καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, όπως πυρκαγιά ή εισχώρηση υδάτων. Απαιτείται η ανάπτυξη πλάνου συντήρησης, που θα περιλαμβάνει επαρκή προληπτικά μέτρα για δράσεις περιορισμού των καθηκόντων περιοδικής συντήρησης.



- Αναφορές: Το μηχανικό σύστημα πρέπει να συμμορφώνεται με τις ισχύουσες εφαρμοζόμενες απαιτήσεις και κανονισμούς, που σχετίζονται με την ισχύουσα κλάση κανόνων NR467 για χαλύβδινες κατασκευές πλοίων:
 - Για ολοκληρωμένους χώρους μηχανοστασίου (AUT-IMS, NR467 Pt F, Ch 3, Sec 4) [73].
 - Για αυτοματοποιημένη λειτουργία στο λιμάνι (AUT-PORT, NR467 Pt F, Ch 2, Sec 3) [73].
 - Για διαθεσιμότητα των μηχανικών συστημάτων (AVM-IPS, NR467 Pt F, Ch 2, Sec 3) [73].

- Παρακολούθηση: Το μηχανικό σύστημα πρέπει να είναι σε θέση να συλλέγει και να αναλύει τις πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση λειτουργίας του κύριου κινητήρα, του κινητήρα βοηθητικών συστημάτων π.χ. ηλεκτρομηχανές, καθώς και του κύριου άξονα κίνησης. Η οπτική παρακολούθηση θα απεικονίζεται σε τουλάχιστον ένα κλειστό κύκλωμα παρακολούθησης CCTV. Τα διαγνωστικά δεδομένα πρέπει να διαβιβάζονται, να καταγράφονται και να αποθηκεύονται σε κατάλληλη μορφή, ώστε να είναι έγκυρα για χρήση από τον επιβλέποντα η από τον απομακρυσμένο χειριστή.

- Συντήρηση: Το μηχανικό σύστημα πρέπει να είναι σχεδιασμένο με τρόπο κατάλληλο, ώστε να επιτρέπει την αδιάλειπτη λειτουργία χωρίς φυσική παρεμβολή, για μεγάλο χρονικό διάστημα π.χ. 500 ώρες. Έτσι λοιπόν, με βάση την εκτίμηση της κατάστασης της μηχανής, το σύστημα θα πρέπει να προτείνει η να λαμβάνει διορθωτικές ενέργειες για την πρόληψη της βλάβης των μηχανικών συστημάτων, ενώ θα ήταν χρήσιμο να υιοθετηθεί και να εφαρμοστεί η συστηματική προληπτική συντήρηση, αντί της προγραμματισμένης. Οι πληροφορίες σχετικά με τις ανάγκες ανταλλακτικών των μηχανικών συστημάτων, θα πρέπει να παραδίδονται στον υπεύθυνο φορέα εκμετάλλευσης του πλοίου.



- Διαχείριση έκτακτων καταστάσεων: Ένα σύστημα συναγερμού, πρέπει να προβλέπεται αναφορικά με την αναγνώριση σφαλμάτων των μηχανικών συστημάτων, το οποίο θα παρέχει τα αντίστοιχα σφάλματα και θα επικοινωνεί με το κέντρο ελέγχου ξηράς SCC.

Οι αισθητήρες όπως ανιχνευτές αερίων η πυρκαγιάς, θα ενεργοποιούν το σύστημα συναγερμού, το οποίο σε τέτοιες καταστάσεις θα ενεργοποιεί αυτόματα τα μέσα, που απαιτούνται για την ασφαλή κατάσταση του πλοίου, η έστω την μετρίαση των επιπτώσεων τέτοιων κινδύνων.

Τα συστήματα πυρόσβεσης η οι αντλίες θα εκκινούν αυτόματα, κατόπιν αιτήματος του συστήματος η του χειριστή. Ωστόσο κρίνονται απαραίτητη η εφαρμογή μέτρων, που θα αποτρέπουν τυχόν ακούσια έναρξη πυροσβεστικών συστημάτων.

3.5.3 Σύστημα διαχείρισης φορτίου

- Στόχος: Ο στόχος του αυτόνομου συστήματος διαχείρισης φορτίου είναι να διασφαλιστεί ότι το φορτίο δεν θέτει σε κίνδυνο την ασφάλεια του πλοίου.
- Λειτουργικές απαιτήσεις: Το σύστημα διαχείρισης φορτίου πρέπει να συλλέγει και να παρακολουθεί τις κύριες παραμέτρους του φορτίου. Οι λειτουργίες φόρτωσης-εκφόρτωσης πρέπει να διαχειρίζονται αποτελεσματικά από το ίδιο το σύστημα.
- Αναφορές: Το σύστημα διαχείρισης φορτίου είναι απαραίτητο να συμμορφώνεται σύμφωνα τις επιβαλλόμενες οδηγίες και κανόνες της ακόλουθης κλάσης:
 - Για υγρό φορτίο χύδην (CARGOCONTROL, NR467 Pt F, Ch 11, Sec 9) [73].
 - Για ψυχρό υγρό φορτίο (REF-CARGO, NR467, Pt F, Ch 11, Sec 11) [73].
 - Για κατεψυγμένο φορτίο (REF-CARGO, NR467, Pt F, Ch 7, Sec 2) [73].
- Επίβλεψη: Οι παράμετροι του φορτίου πρέπει να και να αναλύονται με την βοήθεια αισθητήρων, οι οποίοι θα είναι εγκατεστημένοι στην αποβάθρα φορτίων, στο κοντέινερ η εντός του φορτίου. Μία οπτική παρακολούθηση απαιτείται να παρέχεται και σε αυτή την περίπτωση σε ένα κλειστό κύκλωμα παρακολούθησης CCTV.



Οι συνθήκες πίεσης, καυσίμου, το εισερχόμενο νερό, η μετατόπιση του φορτίου αποτελούν τους κύριους παράγοντες που θα πρέπει να παρακολουθούνται. Ωστόσο απαιτείται η εγκατάσταση ενός συστήματος συναγερμού, που θα ενημερώνει τον χειριστή για την ανίχνευση μη φυσιολογικών τιμών στις παραμέτρους φορτίων.

- Έλεγχος: Πρέπει να παρέχονται τα κατάλληλα μέσα για τον αυτόματο έλεγχο των παραμέτρων φορτίου, όπως η θέρμανση, ψύξη αλλά και ο εξαερισμός και η άντληση.
- Φόρτωση-Εκφόρτωση: Κατά την διάρκεια εργασιών φόρτωσης-εκφόρτωσης, το αυτόνομο σύστημα διαχείρισης φορτίου, θα πρέπει να παρακολουθεί την χωρητικότητα του φορτίου, την δομική αντοχή και ισορροπία του πλοίου καθώς και το νερό έρματος.

3.5.4 Δίκτυο και σύστημα επικοινωνίας

- Στόχος: Ο στόχος του δικτύου και του συστήματος επικοινωνίας είναι να βρίσκεται διαθέσιμο για την εξωτερική μεταφορά δεδομένων, δηλαδή από το πλοίο στο κέντρο ελέγχου η από πλοίο σε πλοίο, αλλά και εσωτερικά, χωρίς να διακυβεύεται η ακεραιότητά τους.
- Λειτουργικές απαιτήσεις: Τα συστήματα που πρέπει να χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία του πλοίου με το κέντρο ελέγχου ξηράς είναι αυτά που βασίζονται στην ξηρά και στην επικοινωνία μέσω δορυφόρων. Για επικοινωνία μεταξύ πλοίων, το σύστημα ευθείας επικοινωνίας πομπού και δέκτη LOS (Line of Sight) αποτελεί αποτελεσματική λύση. Είναι πολύ σημαντικό το πλοίο να περιλαμβάνει ένα αποτελεσματικό και ασφαλές δίκτυο για την επικοινωνία μεταξύ των συστημάτων τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά.



Τα συστήματα επικοινωνίας πρέπει να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να λειτουργούν με διαφορετικό επίπεδο επικοινωνιακής ποιότητας και φυσικά να μην επηρεάζονται από υποβαθμίσεις σημάτων.

- Αναφορές: Το σύστημα δικτυακής επικοινωνίας πρέπει να συμμορφώνεται με τις ισχύουσες απαιτήσεις της IEC 61850-90-4 Network Engineering [74].
- Τύπος επικοινωνιακών συστημάτων: Για την εξωτερική επικοινωνία, προκειμένου να διατηρηθεί σωστό επίπεδο διαθεσιμότητας σε περίπτωση αποτυχίας, απαιτείται η δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας με στόχο την αδιάλειπτη μετάδοση κρίσιμων δεδομένων.
Σε περίπτωση αποτυχίας επικοινωνίας ωστόσο, πρέπει να λαμβάνει χώρα η αυτόματη μετάβαση μεταξύ κύριας και εφεδρικής λύσης σε συνδυασμό με ηχητική προειδοποίηση, alarm. Μία λύση θα μπορούσε να είναι η χρησιμοποίηση δύο συστημάτων επικοινωνίας π.χ. Iridium system, VSAT. Ωστόσο πρέπει να χρησιμοποιούνται διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι αλλοίωσης σημάτων, λόγω ατμοσφαιρικών παραγόντων π.χ. ισχυρή βροχή. Τα συστήματα ευθείας μετάδοσης μεταξύ πομπού και δέκτη LOS, κρίνεται απαραίτητο να βασίζονται στο σύστημα AIS ή σε ψηφιακά συστήματα VHF, με εύρος τουλάχιστον 2 χιλιόμετρα.
- Απόδοση: Το πλοίο που λειτουργεί με τηλεχειρισμό απαιτεί περισσότερη επικοινωνία εύρους ζώνης, σε σχέση με ένα συμβατικό, ενώ χρειάζεται περισσότερα κανάλια επικοινωνίας. Η καθυστέρηση και το εύρος ζώνης του δικτύου επικοινωνιών, πρέπει να είναι επαρκής ως προς την κίνηση που θα προκαλείται γύρω από το πλοίο, λόγω της διαβίβασης αυξημένου ποσού δεδομένων από τα αυτόνομα συστήματα.



Οι μέθοδοι που μπορούν να εφαρμοστούν για την μείωση δεδομένων, ώστε ο ανθρώπινος παράγοντας να επεξεργάζεται ορθότερα τα δεδομένα, θα μπορούσε να είναι η μείωση του ρυθμού πλαισίου η ή μείωση της ανάλυσης της εικόνας, η ακόμα και η αποτελεσματική της συμπίεση ως ένα βαθμό. Στον πίνακα 23 δίνονται τα στοιχεία, αναφορικά με το ελάχιστο εύρος ζώνης και την καθυστέρηση που προκύπτει, για κάθε διαφορετικό τύπο ροής δεδομένων.

Data streaming	Bandwidth (KBps)	Latency (sec)
Ship to ship	2	0,05
Remote control	2	1
Telemetry	32	1
Radar images	75	1
Video (HD)	3000	2,5

Πίνακας 23 Ελάχιστη καθυστέρηση εύρους ζώνης

3.5.5 Σύστημα διαχείρισης επιβατικού κοινού

- Στόχος: Ο στόχος του συστήματος διαχείρισης των επιβατών είναι να εξασφαλίζει την ασφάλεια των επιβατών κατά την διάρκεια ενός ταξιδιού σε αυτόνομα πλοία.
- Λειτουργικές απαιτήσεις: Το σύστημα διαχείρισης επιβατών πρέπει να αποτρέπει τυχόν φαινόμενα υπερφόρτωσης λόγω υπέρβασης χωρητικότητας του πλοίου. Κατά τις διαδικασίες επιβίβασης η αποβίβασης, το σύστημα θα πρέπει να αποτρέπει κάθε τραυματισμό επιβάτη. Σε περίπτωση κρίσιμου περιστατικού θα παρέχει μέσα ειδοποίησης και διάσωσης. Όλα τα συστήματα του πλοίου πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να αποφεύγεται κάθε πιθανή παρεμπόδιση η παρεμβολή του επιβάτη.



- Αναφορές: Το συγκεκριμένο σύστημα θα πρέπει να συμμορφώνεται πλήρως με τις ισχύουσες απαιτήσεις και κανονισμούς της διεθνής σύμβασης προστασίας ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα SOLAS [75], ιδίως εκείνες του κεφαλαίου 3 περί των εφαρμογών για την προστασία της ανθρώπινης ζωής.
- Πρόληψη φαινομένων υπερφόρτωσης: Για να αποφευχθεί το φαινόμενο της υπερφόρτωσης, πρέπει να υπάρχει ένα σύστημα καθορισμού των ικανοτήτων του πλοίου σε σχέση με τον αριθμό των επιβατών. Για να εξασφαλιστεί ότι το πλοίο διαθέτει επαρκές ύψος ύφαλων γραμμών, πρέπει να εγκατασταθεί ένα σύστημα συναγερμού, που θα ενεργοποιείται, όταν υπάρξει υπέρβαση της συγκεκριμένης γραμμής. Η χωρητικότητα του πλοίου πρέπει να εκτιμάται τόσο κατά μέγιστο αριθμό ατόμων όσο και αναλογικά με το μέγιστο βάρος. Αυτή η εκτίμηση πρέπει να λαμβάνει σοβαρά υπόψη, το περιθώριο ασφαλείας για επιπλέον βάρος ανά επιβάτη π.χ. λόγω αποσκευών.
- Επιβίβαση επιβατών: Οι διαδικασίες επιβίβασης και αποβίβασης, θα πρέπει να ελέγχονται και να παρακολουθούνται από αισθητήρες π.χ. πίεσης ή ραντάρ, για την επιβεβαίωση ότι δεν υπάρχουν εμπόδια και να υφίσταται ασφαλής πρόοδος.
Σε περίπτωση που το σύστημα δεν είναι σε θέση να εντοπίσει μια κατάσταση κινδύνου, πρέπει να είναι προσβάσιμο το κομβίο εκτάκτου ανάγκης στους επιβάτες, ώστε να διακόψουν την διαδικασία επιβίβασης.
- Προστασία ζωής: Οι σωστικές συσκευές πρέπει να τοποθετούνται κατάλληλα, ώστε να είναι άμεσα προσβάσιμες σε όλους τους επιβάτες, καθώς και να σχεδιάζονται με τρόπο ώστε να είναι εύκολα χρησιμοποιήσιμες, σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης.



Βέβαια θα είναι αρκετά αποτελεσματικό κάθε επιβάτης να εξοπλίζεται με σωσίβιο κατά την επιβίβαση του. Κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη κομβίου έκτακτης ανάγκης σε κάθε θέση επιβάτη, το οποίο θα ενεργοποιείται όταν έρθει σε επαφή με την θάλασσα, ώστε να εντοπίζεται άμεσα και αποτελεσματικά η πραγματική θέση του επιβάτη σε περιπτώσεις διάσωσης.

3.5.6 Κέντρο ελέγχου ξηράς

- Στόχος: Ο στόχος του κέντρου ελέγχου ξηράς είναι, να είναι σε θέση να ελέγχει και να παρακολουθεί συνεχώς, μεγάλο αριθμό αυτόνομων πλοίων του ίδιου η διαφορετικού τύπου.
- Λειτουργικές απαιτήσεις: Το σύστημα ελέγχου ξηράς SCC, πρέπει να είναι σχεδιασμένο να εμφανίζει τις κατάλληλες πληροφορίες που θα διευκολύνουν την διαδικασία λήψης αποφάσεων στον τηλεχειρισμό του πλοίου από τον χειριστή. Το SCC, πρέπει να σχεδιάζεται και να λειτουργεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις των χερσαίων ρυθμίσεων.
- Μέσα επικοινωνίας: Το κέντρο ελέγχου οφείλει παράλληλα να συνδέεται με το πλοίο, με τις λιμενικές αρχές και με την ναυτιλιακή εταιρεία, χρησιμοποιώντας τις δορυφορικές τεχνολογίες που βρίσκονται διαθέσιμες π.χ. GSM, WiMAX, VHF η δορυφόροι.
- Έλεγχος και επίβλεψη: Το κέντρο SCC, είναι απαραίτητο να σχεδιάζει και να μεταφέρει τα δεδομένα πλοήγησης στο πλοίο. Ο χειριστής αντίστοιχα, πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίζει αποτελεσματικά και άμεσα τις λειτουργικές δυσλειτουργίες, τις ξαφνικές απειλές και τα σφάλματα σε ένα αυτοματοποιημένο περιβάλλον και έπειτα να επικοινωνεί με το υπόλοιπο εμπλεκόμενο προσωπικό του κέντρου. Συνιστάται η έγκαιρη και αποτελεσματική συλλογή βασικών πληροφοριών, σχετικά με το κάθε υπό έλεγχο πλοίο.



Εκτός από την ανάγκη για σαφή ορατότητα γύρω από το πλοίο, όπως ζητήθηκε από τον κανονισμό SOLAS Ch V, Reg 22 [75], που σχετίζεται με την ορατότητα γέφυρας πλοήγησης, τα όργανα γέφυρας θα περιλαμβάνουν θαλάσσιο χάρτη, οθόνη ραντάρ και διάγραμμα καιρού.

Επιπροσθέτως το κεντρικό σύστημα θα περιλαμβάνει ένα πίνακα πληροφοριών, συνοψίζοντας τα βασικά συστήματα, σχετικά με την κατάσταση του πλοίου π.χ. πλοήγηση, φορτίο κλπ. , όπου κάθε κατάσταση θα εμφανίζεται με διαφορετικό χρωματισμό. Δηλαδή:

- Πράσινο, για κανονική κατάσταση πλοίου
- Κίτρινο, για προειδοποίηση που απαιτεί προσοχή από τον χειριστή και επαλήθευση στοιχείων
- Κόκκινο, για ειδοποίηση που απαιτεί άμεση διορθωτική ενέργεια από τον χειριστή σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης

➤ Επάνδρωση: Η στελέχωση του κέντρου ελέγχου απαιτείται, για την αδιάκοπη εποπτεία της εύρυθμης λειτουργίας των αυτόνομων πλοίων. Η επάνδρωση του κέντρου με κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό όπως χειριστές, εποπτικές αρχές, μηχανικούς και καπετάνιους κρίνεται απαραίτητη, ενώ το προσωπικό θα πρέπει να διαθέτει επαρκή θαλάσσια εμπειρία σε θέση αντίστοιχη με χειρισμό συμβατικού πλοίου. Εκπαιδευτικοί προσομοιωτές πρέπει να χρησιμοποιούνται, για την διαρκή και συνεχή άσκηση, τόσο των χειριστών όσο και των εποπτικών αρχών.

Λαμβάνοντας υπόψη την κόπωση, λόγω του μεγάλου χρόνου που δαπανάται στην οθόνη των υπολογιστών, πρέπει να προβλεφθεί η αναλογία μεταξύ ανάπαυσης και χρόνου εργασίας, προκειμένου να εξασφαλιστεί η αποτελεσματική εποπτεία και οι ορθοί χειρισμοί.



3.6 Κατευθυντήριες γραμμές αξιοπιστίας αυτόνομων συστημάτων

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δοθούν σημαντικές οδηγίες, αναφορικά με την βελτίωση της αξιοπιστίας των συστημάτων που σχετίζονται με βασικές υπηρεσίες, που συμμετέχουν στην λειτουργία των αυτόνομων πλοίων[72].

3.6.1 Γενικό σύστημα σχεδιασμού

- Αναφορές: Ο κύκλος ζωής του ηλεκτρονικού συστήματος ορίζεται σύμφωνα με τα ακόλουθα διεθνή πρότυπα:
 - Λογισμικά και διαδικασία κύκλου ζωής συστημάτων, κατά ISO/IEC 15288:2015 [76].
 - Λογισμικά και διαδικασία κύκλου ζωής συστημάτων, κατά ISO/IEC 12207:2008 [77].
 - Λειτουργική ασφάλεια ηλεκτρικών/ηλεκτρονικών και ηλεκτρονικά προγραμματιζόμενων συστημάτων ασφάλειας, κατά ISO/IEC 61508:2010 [78].

- Σχεδιασμός αποφυγής κινδύνων: Πρέπει να υιοθετηθεί μία προσέγγιση σχεδιασμού που θα εστιάζει στην αποφυγή κινδύνων, ώστε να εντοπιστούν, να αξιολογηθούν και να μειωθούν οι επιπτώσεις μιας ενδεχόμενης δυσλειτουργίας του συστήματος. Η μεθοδολογία που θα εφαρμοστεί, θα βασίζεται στο σύστημα FMECA (Failure Mode Effects and Critically Analysis). Τα όρια λειτουργίας των συστημάτων θα πρέπει να οριστούν με σαφήνεια, σε συνδυασμό με όλα τα κρίσιμα στοιχεία, που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ασφάλεια των λειτουργιών.

- Αστοχία στοιχείων: Το σύστημα πρέπει να σχεδιάζεται κατά τρόπον, ώστε η αποτυχία ενός στοιχείου, να μην επηρεάζει την λειτουργικότητα των άλλων δομικών στοιχείων του συστήματος, αλλά να έχει επίπτωση μόνο το σύστημα το οποίο απαρτίζει το ίδιο το στοιχείο. Τόσο το σύστημα όσο και το λογισμικό του πλοίου κρίνεται απαραίτητο να διαθέτει αυξημένη ανοχή σε σφάλματα, παρέχοντας ένα αποδεκτό επίπεδο ανθεκτικότητας, έναντι των απροσδόκητων βλάβων.



Αυτή η ανθεκτικότητα επιτυγχάνεται μέσω της κατάλληλης και αποτελεσματικής επάρκειας, των κύριων στοιχείων του συστήματος του πλοίου π.χ. παροχή τροφοδοσίας η εξοπλισμός επικοινωνίας.

- Αποτυχία δικτύου: Όταν τα συστήματα διασυνδέονται μέσω δικτύου, κάθε πιθανή βλάβη σε αυτό δεν θα πρέπει να εμποδίζει το σύστημα, αναφορικά με την αποτελεσματική εκτέλεση των λειτουργιών.
- Αποτυχία παροχής ισχύος: Το σύστημα πρέπει να τοποθετείται με εφεδρικό σύστημα αυτόματης αλλαγής παροχής σε συνεχή διαθέσιμη παροχή, σε περίπτωση διακοπής της κανονικής πηγής ενέργειας. Η χωρητικότητα του εφεδρικού τροφοδοτικού θα πρέπει να είναι επαρκής, ώστε να επιτρέπει την κανονική λειτουργία του συστήματος για τουλάχιστον μισή ώρα.

3.6.2 Επικοινωνία ανθρώπινου παράγοντα και συστημάτων

- Αναφορές: Η εργονομία, η διάταξη και το περιβάλλον του συστήματος, πρέπει να βασίζεται στα ακόλουθα διεθνή πρότυπα:
 - Η εργονομία της αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπου και συστήματος, σύμφωνα με ISO 9241-210:2010, το κεφάλαιο 210 όπου αναφέρεται στον ανθρωποκεντρικό σχεδιασμό των διαδραστικών συστημάτων [79].
 - Η διάταξη της γέφυρας και του συναφή εξοπλισμού, αναφέρεται στις ρυθμίσεις γενικά για τα πλοία και την ναυτική τεχνολογία, σύμφωνα με το ISO 8468:2007 [80].
 - Οι οδηγίες αναφορικά με την ναυπηγική βιομηχανία και τα χρώματα υπόδειξης ειδοποιήσεων, συμμορφώνονται σύμφωνα με το ISO 2412:1982 [81].
 - Η κωδικοποίηση των ειδοποιήσεων εκτάκτου ανάγκης, παρουσιάζεται σύμφωνα με τον IMO A.1021(26) [82].



- Σχεδιασμός: Το περιβάλλον του συστήματος επικοινωνίας του πλοίου με τον ανθρώπινο παράγοντα, πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι εκλαϊκευμένο και εύκολα κατανοητό ως προς την χρήση και διαχείριση πληροφοριών. Πρέπει βέβαια να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα σύμβολα, τους χρωματισμούς, στους διαδικασίες ελέγχου και στις προτεραιότητες ενημέρωσης πληροφοριών.
Οι έλεγχοι και οι δείκτες του συστήματος, απαιτούν την δέουσα προσοχή, κατά την διάρκεια του σχεδιασμού τους, με κύριο γνώμονα την αποτελεσματική χρήση τους από προσωπικό κατάλληλα εκπαιδευμένο.
- Εμφάνιση πληροφοριών: Οι πληροφορίες που εμφανίζονται συνεχώς πρέπει να μειωθούν στο ελάχιστο, ώστε να έχουμε μια ασφαλή λειτουργία του πλοίου. Ωστόσο ορισμένες συμπληρωματικές πληροφορίες πρέπει να είναι άμεσα διαθέσιμες. Οι επιχειρησιακές πληροφορίες θα πρέπει να παρουσιάζονται σε εύκολη κατανοητή μορφή, χωρίς την ανάγκη περαιτέρω επεξεργασίας. Οι απεικονίσεις και οι δείκτες του συστήματος, πρέπει να παρουσιάζουν τις πληροφορίες, συναρτήσει των λειτουργιών τους. Όλες οι απαραίτητες πληροφορίες, που απαιτούνται από τον χρήστη για την διεκπαιρέωση λειτουργιών, πρέπει να εμφανίζονται στην τρέχουσα οθόνη, χρησιμοποιώντας θαλάσσια ορολογία.
- Δείκτες ελέγχου: Ο αριθμός των λειτουργικών ελέγχων, ο σχεδιασμός στον τρόπο λειτουργίας τους, η θέση, η διάταξη αλλά και το μέγεθος τέτοιων συστημάτων, πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη, ώστε να προκύπτει μία απλή και αποτελεσματική λειτουργία. Όλοι οι λειτουργικοί έλεγχοι πρέπει να επιτρέπουν την αποτελεσματική και εύκολη φυσιολογική προσαρμογή, με τρόπο κατάλληλο ώστε να ελαχιστοποιούν την ακούσια λειτουργία τους, ενώ παράλληλα να πληρούν το κριτήριο της γρήγορης πρόσβασης. Εξίσου σημαντικό, είναι το γεγονός ότι ο χρόνος ανάδρασης των πληροφοριών, θα πρέπει να είναι συνεπής με τις λειτουργικές απαιτήσεις.
Θα πρέπει για κάθε εκκίνηση λειτουργίας να υφίσταται σε άμεσο χρόνο, αυτόματη ανάδραση στην οθόνη του συστήματος, ενώ κάθε πιθανή καθυστέρηση θα πρέπει να εντοπίζεται έγκαιρα και να ελέγχεται διεξοδικά.



Επιπλέον οι δείκτες προειδοποίησης και συναγερμού, πρέπει να σχεδιάζονται ώστε σε ασφαλή κατάσταση να μην παρουσιάζουν χρωματική ένδειξη, παρά μόνο σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης. Η χρωματική κωδικοποίηση λειτουργιών και κινδύνων θα πληρεί τα διεθνή πρότυπα. Οι όποιες ενδείξεις θα πρέπει να συνοδεύονται με ακουστικό σήμα χαμηλής έντασης, ενώ παράλληλα θα εμφανίζονται και στην οθόνη του χρήστη, όταν επιχειρείται εκτέλεση μη έγκαιρης λειτουργίας, η χρησιμοποίηση μη έγκυρων πληροφοριών. Σε περίπτωση σφάλματος εισόδου, το σύστημα απαιτεί αμέσως διόρθωση στις εισαχθείσες τιμές δεδομένων, υποδεικνύοντας παράλληλα και τις προκαθορισμένες τιμές της εκάστοτε εφαρμογής του συστήματος του πλοίου.

- Εκπαίδευση προσωπικού: Η κατάρτιση που πρέπει να παρέχεται στο προσωπικό, θα πρέπει να διεξάγεται χρησιμοποιώντας κατάλληλο υλικό και εκπαιδευτικές μεθόδους, που θα καλύπτουν τα ακόλουθα θέματα, δηλαδή: την γενική κατανόηση και τον αποτελεσματικό χειρισμό του συστήματος και φυσικά την ανάπτυξη της δυνατότητας ελέγχου και αντιμετώπισης ασυνήθιστων συνθηκών του συστήματος.

3.6.3 Δίκτυο και επικοινωνία

- Αναφορές: Τα εξαρτήματα του δικτύου και ο εξοπλισμός επικοινωνίας, πρέπει να σχεδιάζονται σύμφωνα με τα ακόλουθα πρότυπα:
 - Η ναυτιλιακή πλοήγηση και τα συστήματα εξοπλισμού ραδιοεπικοινωνιών σύμφωνα με IEC61162 [83].
 - Η απόδοση των ολοκληρωμένων συστημάτων πλοήγησης INS, σύμφωνα με τον IMO MSC 252(83) [84].
- Σχεδιασμός: Το δίκτυο επικοινωνίας και δικτύου, πρέπει να είναι αξιόπιστα σχεδιασμένο, ώστε να επιτρέπει την μόνιμη συλλογή και διαθεσιμότητα των δεδομένων, για μεταγενέστερη μετάδοση τους.
Φυσικά τα εξαρτήματα του δικτύου και ο εξοπλισμός επικοινωνίας πρέπει να είναι προϊόντα εγκεκριμένου τύπου.



Το πρωτόκολλο μετάδοσης κρίνεται να είναι σύμφωνο με το αναγνωρισμένο διεθνές πρότυπο, όπως και η δορυφορική επικοινωνία που πρέπει να αναγνωρίζεται από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό Δορυφόρων IMSO. Το δίκτυο θα πρέπει να έχει την δυνατότητα διαβίβασης της απαιτούμενης ποσότητας δεδομένων, με περιθώριο υπερφόρτωσης χωρίς να επηρεάζεται η ακεραιότητα των δεδομένων. Η ασύρματη επικοινωνία, θα πρέπει να διαθέτει αναγνωρισμένο διεθνές ασύρματο επικοινωνιακό σύστημα, που θα ενσωματώνει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Ακεραιότητα μηνυμάτων, αναφορικά με την πρόληψη, την ανίχνευση, τη διάγνωση και τη διόρθωση σφαλμάτων όταν το ληφθέν μήνυμα είναι αλλοιωμένο συγκρινόμενο με το επιθυμητό μεταδιδόμενο μήνυμα.
- Ταυτοποίηση παραμέτρων συσκευής, όπου επιτρέπει την σύνδεση, μόνο των συσκευών που περιλαμβάνονται στον σχεδιασμό του συστήματος.
- Κρυπτογράφηση μηνυμάτων, που συμβάλει στην προστασία της εμπιστευτικότητας και της κρισιμότητας του περιεχομένου των δεδομένων.
- Διαχείριση ασφάλειας, όπου συμβάλει στην προστασία των στοιχείων του δικτύου, στην πρόληψη μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης στα στοιχεία του δικτύου.

Το δίκτυο πρέπει να διαθέτει αυτόματο σύστημα ελέγχου, όπου θα στοχεύει στην ανίχνευση βλαβών και σε αποτυχίες επικοινωνίας δεδομένων στους κόμβους, όπου είναι συνδεδεμένη η συσκευή. Οι εντοπισμένες αποτυχίες πρέπει να εκκινούν ένα σύστημα συναγερμού, ενώ οι συσκευές πρέπει να ξεκινούν αυτόματα, όταν η τροφοδοσία του πλοίου είναι ενεργοποιημένη ή να επανεκκινούν, σε ενδεχόμενη απώλεια ισχύος.

- Απόδοση: Μέσα ελέγχου μετάδοσης επικοινωνίας όπως CRC, πρέπει να παρέχονται και να σχεδιάζονται, ώστε να επαληθεύεται η ολοκλήρωση της μεταφοράς δεδομένων. Όταν η μεταφορά δεδομένων διακόπτεται, τότε ο αριθμός των επαναλήψεων πρέπει να περιορίζεται, ώστε να διατηρείται ένας αποδεκτός συνολικός χρόνος απόκρισης. Όλα τα δεδομένα πρέπει να προσδιορίζονται με επίπεδο προτεραιότητας.



Το λογισμικό μετάδοσης πρέπει να σχεδιάζεται, ώστε να λαμβάνει υπόψη την προτεραιότητα των δεδομένων. Αλλοιωμένα η χαμένα δεδομένα που μεταδίδονται μέσω δικτύου, δεν θα πρέπει να επηρεάζουν τις λειτουργίες που δεν εξαρτώνται από αυτά. Κάθε πιθανή αποτυχία λογισμικού η εξοπλισμού μετάδοσης, πρέπει να λαμβάνεται από τον πομπό και ο δέκτης αντίστοιχα να ενεργοποιεί ένα σύστημα προειδοποίησης. Επομένως απαιτούνται τα κατάλληλα μέσα, που θα εξασφαλίζουν την επαλήθευση της δραστηριότητας και την σωστή λειτουργία του συστήματος δικτύου και επικοινωνίας.

- Επάρκεια συστημάτων: Σε περιπτώσεις αποτυχίας σύνδεσης των επικοινωνιακών συστημάτων, κρίνεται απαραίτητο να υφίσταται εφεδρικό σύστημα μετάδοσης δεδομένων η να υπάρχουν επιπλέον εγκατεστημένα συστήματα, της ίδιας χωρητικής ικανότητας μετάδοσης, με αυτόματο σύστημα εναλλαγής μεταξύ τους, εξασφαλίζοντας έτσι την αδιάλειπτη και αποτελεσματική λειτουργία τους. Οι λειτουργίες που απαιτούνται για συνεχή λειτουργία, αναφορικά με την παροχή βασικών υπηρεσιών, που εξαρτώνται από τις ασύρματες επικοινωνιακές συνδέσεις δεδομένων, απαιτείται να διαθέτουν εναλλακτικό πλάνο ελέγχου, που θα τίθεται σε δράση εντός αποδεκτού χρονικού διαστήματος.

3.6.4 Διασφάλιση ποιότητας λογισμικού

- Αναφορές: Η διασφάλιση της ποιότητας του λογισμικού, πρέπει να βασίζεται στα ακόλουθα διεθνή πρότυπα και στις κατευθυντήριες γραμμές του ναυτιλιακού κλάδου:
 - Οδηγίες IMO MSC. 1-CIRC. 1512, αναφορικά με την διασφάλιση ποιότητας λογισμικού και τον σχεδιασμό της ηλεκτρονικής πλοήγησης E-Navigation, που βασίζεται στον ανθρώπινο παράγοντα [85].
 - Οι κατευθυντήριες γραμμές για την διαχείριση διαμόρφωσης συστήματος διαχείρισης ποιότητας, δίνονται σύμφωνα με το ISO 10007: 2003 [86].
 - Η ανάπτυξη λογισμικού και οι οδηγίες αξιολόγησης του, δίνονται με βάση Bureau Veritas BV SW100 [87].
 - Η διασφάλιση της ποιότητας του λογισμικού, πρέπει να συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του NR467 Pt C, Ch 3, Sec 3 [88].



- Σχέδιο ποιότητας: Η ανάπτυξη του λογισμικού, πρέπει να διεξάγεται σύμφωνα με ένα σχέδιο ποιότητας που ορίζει ο πάροχος λογισμικού, ενώ θα πρέπει να περιλαμβάνει την διαδικασία δοκιμής του λογισμικού και τα αποτελέσματα της εκάστοτε διαδικασίας, πρέπει να καταγράφονται και να αποθηκεύονται.
- Δοκιμές: Το λογισμικό θα πρέπει να δοκιμάζεται, σε συνδυασμό με το υλικό και τα αποδεικτικά στοιχεία της δοκιμής θα πρέπει να παράγονται, σύμφωνα με το σχέδιο ποιότητας. Οι λειτουργίες του λογισμικού, θα πρέπει να εξετάζονται μεμονωμένα και στη συνέχεια να υποβάλλονται σε δοκιμές προσομοίωσης. Ωστόσο θα πρέπει να ελέγχεται:
 - Η εξέλιξη των εργασιών που έχουν διεξαχθεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις του σχεδίου ποιότητας
 - Η τεκμηρίωση που θα περιλαμβάνει την μέθοδο ελέγχου, το πρόγραμμα δοκιμών, την προσομοίωση, τα κριτήρια αποδοχής και τα αποτελέσματα

Οι δοκιμαστικές λειτουργίες του λογισμικού, πρέπει να αποδεικνύουν ότι κάθε ενότητα υλοποιεί την προβλεπόμενη λειτουργία της και όχι εκτέλεση ακούσιων λειτουργιών. Η συμπεριφορά ενός συστήματος μηχανικής μάθησης, εξαρτάται από το σετ εκπαίδευσης που χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια τη φάσης μάθησης του συστήματος. Συνιστάται η χρήση ενός εκτεταμένου συνδυασμού εκπαίδευσης, για την κάλυψη ενός μέγιστου αριθμού μελλοντικών δυνατοτήτων. Η συνεκτικότητα ωστόσο ενός συστήματος μηχανικής μάθησης, πρέπει να δοκιμαστεί επανειλημμένα, ώστε να εξασφαλιστεί ότι μακροπρόθεσμα η συμπεριφορά του δεν θα τροποποιηθεί και θα ανταποκρίνεται με τον ίδιο τρόπο. Κατά την δοκιμή ενός τέτοιου συστήματος, τα δεδομένα δοκιμής θα πρέπει να περιλαμβάνουν κάποιες οριακές συνθήκες, ώστε να υφίσταται επικυροποίηση της συμπεριφοράς του και να εξασφαλίζεται η ανίχνευση τυχόν απόκλισης, από την αναμενόμενη συμπεριφορά. Ο έλεγχος του συστήματος η του υποσυστήματος, πρέπει να επαληθεύει ότι οι λειτουργίες αλληλοεπιδρούμε αποτελεσματικά, σύμφωνα με συγκεκριμένες απαιτήσεις. Κρίνεται απαραίτητη, η διεξαγωγή επαναληπτικών δοκιμών, ώστε να εξακριβωθεί η συνέπεια των αποτελεσμάτων των δοκιμών.



Συνεπώς τα σφάλματα πρέπει να προσομοιώνονται όσο το δυνατόν ρεαλιστικότερα, καθώς έτσι το σύστημα θα διαθέτει ποιοτικότερη ικανότητα ανίχνευσης σφαλμάτων και φυσικά αξιόπιστη απόκριση.

- Διαχείριση ρυθμίσεων: Απαιτείται να λαμβάνει χώρα τακτικά συντήρηση του λογισμικού, ώστε κάθε πιθανή βλάβη στο σύστημα να διαχειρίζεται από την αλληλεπίδραση, με το υπάρχον λογισμικό των άλλων συστημάτων.
Βέβαια η αλλαγή και συντήρηση του λογισμικού, απαιτείται να είναι ευθύνη μόνο ενός ειδικευμένου και εξουσιοδοτημένου μέλους του πλοίου π.χ. Α μηχανικός.

3.6.5 Διασφάλιση ποιότητας δεδομένων

- Αναφορές: Η διασφάλιση της ποιότητας δεδομένων βασίζεται στα διεθνή ακόλουθα πρότυπα:
 - ISO 8000 αναφορικά με την ποιότητα δεδομένων [89].
 - ISO/IEC 10181 όπου σχετίζεται με την τεχνολογία πληροφοριών, τα ανοιχτά συστήματα διασύνδεσης και τα αντίστοιχα πλαίσια ασφαλείας ανοιχτών συστημάτων [90].
- Αξιολόγηση ποιότητας δεδομένων: Η αξιολόγηση της ποιότητας των δεδομένων θα πρέπει να πραγματοποιείται σύμφωνα με:
 - Πληρότητα, όπου καταγράφονται όλα τα απαραίτητα δεδομένα
 - Μοναδικότητα, όταν δεν καταγράφονται περισσότερα από ένα δεδομένο
 - Χρονικό περιθώριο, δηλαδή ο βαθμός στον οποίο τα δεδομένα, αντιπροσωπεύουν την πραγματικότητα από το απαιτούμενο χρονικό σημείο
 - Εγκυρότητα, που υποδεικνύει εάν τα δεδομένα συμμορφώνονται με την κατάλληλη σύνταξη δηλαδή τύπος, διαμόρφωση, εύρος.
 - Ακρίβεια, δηλαδή ο βαθμός στον οποίο τα δεδομένα περιγράφουν σωστά το πραγματικό γεγονός



- Συνοχή, που σημαίνει η απουσία διαφοράς όταν συγκρίνονται δύο η περισσότερες μορφές δεδομένων. Είναι δυνατόν ωστόσο να υφίσταται συνέπεια, χωρίς το κριτήριο της εγκυρότητας και της ακρίβειας

- Απόκτηση δεδομένων: Για την απόκτηση δεδομένων, πρέπει να ληφθεί η θέση και η επιλογή των αισθητήρων, ώστε να μετρηθεί η πραγματική τιμή των δεδομένων. Η θερμοκρασία, οι ταλαντώσεις και τα επίπεδα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών, πρέπει εξίσου να ληφθούν υπόψη. Οι αισθητήρες πρέπει να σχεδιάζονται, έτσι ώστε να αντέχουν στις συνθήκες τοπικού περιβάλλοντος, ενώ θα διεξάγονται μέσα δοκιμής και βαθμονόμησης η αντικατάσταση των αισθητήρων, με σκοπό να αποφευχθεί η διατάραξη της φυσιολογικής λειτουργίας του συστήματος. Οι αισθητήρες χαμηλού επιπέδου σήματος, θα πρέπει να αποφεύγονται. Ωστόσο κατά την εγκατάστασή τους, θα πρέπει να τοποθετούνται κοντά σε ενισχυτές, ώστε να αποφεύγονται οι εξωτερικές επιρροές.

- Αποθήκευση δεδομένων: Η αποθήκευση των δεδομένων πρέπει να είναι κατάλληλη, για το ποσό των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί, έτσι σε περίπτωση πλεονάζουσας παραγωγικής ικανότητας, πρέπει να υπάρχει ένας μηχανισμός παροχής περιττών η παρωχημένων δεδομένων και το σύστημα να επανέλθει σε κανονική κατάσταση λειτουργίας. Όταν η αποθήκευση βασίζεται στο δίκτυο η διανέμεται σε αυτό (Cloud Storage), πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι συνέπειες διακοπής παρόχου δικτύου. Η δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας των δεδομένων, κρίνεται απολύτως απαραίτητη και σημαντική, ιδίως σε περιπτώσεις διακοπής παροχής ισχύος.

- Επικύρωση δεδομένων: Πρέπει να υφίσταται μηχανισμός εξακρίβωσης των δεδομένων, όταν ζητηθεί από το σύστημα, χρησιμοποιώντας ψηφιακή υπογραφή η ασφαλές πρωτόκολλο.



- Ακεραιότητα δεδομένων: Η ακεραιότητα των δεδομένων (αμετάβλητα δεδομένα), θα πρέπει να διατηρείται παρέχοντας μέσα προστασίας έναντι μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης, ενώ και τα ίδια τα δεδομένα οφείλουν να φέρουν εσωτερικό αρχείο ελέγχου, ώστε να εξαλειφθεί η σκόπιμη ή ακούσια τροποποίηση των ευαίσθητων δεδομένων.
- Εμπιστευτικότητα δεδομένων: Η εμπιστευτικότητα των δεδομένων θα πρέπει να διατηρείται τόσο με την χρήση μέσων κρυπτογράφησης, όσο και με επαρκές επίπεδο εξουσιοδότησης ασφαλούς πρόσβασης στην βάση δεδομένων.

3.6.6 Κυβερνοασφάλεια

- Αναφορές: Η διαχείριση του κυβερνοχώρου πρέπει να γίνεται με την χρήση των διεθνών προτύπων:
 - Θέματα πληροφορικής, τεχνικών ασφαλείας και κριτήρια αξιολόγησης ασφαλείας σύμφωνα με ISO/IEC 15408:2009 [91].
 - Θέματα τεχνολογίας πληροφοριών, τεχνικές ασφάλειας και συστήματα διαχείρισης ασφάλειας πληροφοριών σύμφωνα με ISO/IEC 27001:2013 [92].
 - Ενδιάμεσες κατευθυντήριες οδηγίες για την ναυτιλιακή διαχείριση Cyber κινδύνων, σύμφωνα με IMO MSC. CIRC. 1526 [93].
 - Το πλαίσιο ασφαλείας στο κυβερνοχώρο (2014), δίνεται από το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας NIST [94].
 - Οι βέλτιστες πρακτικές κυβερνοχώρου στα επιβατικά πλοία σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό ANSSI [95].
 - Οι οδηγίες για επιπλέον ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, αναφορικά με την ανάπτυξη λογισμικού και αξιολόγησης του σύμφωνα με Bureau Veritas- BV SW 200. Επιπλέον οι απαιτήσεις για κυβερνοασφάλεια που δίνονται από την πρόσθετη κλάση SYS-COM (NR467 Pt F, Ch 4, Sec 3), πρέπει να ληφθούν υπόψη [96].



- Προστασία κυβερνοχώρου: Η οργάνωση της προστασίας του κυβερνοχώρου πρέπει να λαμβάνει χώρα, ακολουθώντας τις παρακάτω λειτουργίες:
- Προσδιορισμός, δηλαδή ο καθορισμός των ρόλων και των υποχρεώσεων του προσωπικού σε θέματα διαχείρισης κυβερνοασφάλειας, αλλά και σε θέματα εντοπισμού δεδομένων του συστήματος, που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ασφαλή λειτουργία του πλοίου.
 - Προστασία, όπου απαιτείται η εφαρμογή διαδικασιών και μέτρων ελέγχου κινδύνου, αλλά και σχεδιασμού πλάνου αντιμετώπισης έκτακτων καταστάσεων σε θέματα κυβερνοεπιθέσεων, ώστε να εξασφαλιστεί η ασφαλής και εύρυθμη λειτουργία του πλοίου.

3.7 Υφιστάμενες εφαρμογές αυτόνομων πλοίων

Η τεράστια εξέλιξη στον τομέα της τεχνολογίας των αυτόνομων πλοίων τα τελευταία έτη και φυσικά η ανάπτυξη σύγχρονων τεχνολογιών, αναφορικά με τους ηλεκτρονικούς αισθητήρες, τα υπολογιστικά συστήματα επικοινωνιών και δικτύων, έχουν διεγείρει το ενδιαφέρον εταιρειών υψηλού τεχνολογικού κύρους, σε συνδυασμό με εκπαιδευτικούς φορείς, όπως πανεπιστήμια και ερευνητές, ώστε η ιδέα του αυτόνομου πλοίου να υλοποιηθεί άμεσα, καθώς ήδη θεωρείται ότι μέχρι το 2030 θα υπάρχει ολοκληρωμένη τεχνολογία και πληθώρα παραγωγή αυτόνομων πλοίων. Ωστόσο παρακάτω θα παρατεθούν τα τρέχοντα project, αναφορικά με την αυτόνομη ναυτιλία, καθώς με αυτό τον τρόπο θα κατανοηθούν τα χρονοδιαγράμματα που απαιτούνται για την υιοθέτηση της αυτόνομης τεχνολογίας πλοίων.



3.7.1 Το Project AAWA της Rolls-Royce έως το 2025

Το project AAWA (Advanced Autonomous Waterborne Applications) [97], είναι ένα έργο ύψους 6,6 εκατομμυρίων ευρώ, το οποίο συγχρηματοδοτήθηκε από την Φινλανδική υπηρεσία χρηματοδότησης για την τεχνολογία και την καινοτομία και αποσκοπεί στην παραγωγή προδιαγραφών και προκαταρκτικών σχεδίων, για τον σχεδιασμό της επόμενης γενιάς προηγμένων αυτόνομων πλοίων.

Στόχος του είναι να συγκεντρώσει έγκριτα πανεπιστήμια, σχεδιαστές πλοίων, κατασκευαστές εξοπλισμού φορείς ταξινόμησης και νηογνώμονες, ώστε να διερευνήσουν τους οικονομικούς, κοινωνικούς, τεχνολογικούς και νομικούς παράγοντες στους οποίους πρέπει να καταταχθεί το αυτόνομο πλοίο στην πραγματικότητα.

Το project [98] θα διαρκέσει μέχρι τα τέλη του 2018 ενώ θα ανοίξει τον δρόμο για αποτελεσματικές λύσεις ως προς τον σχεδιασμό και την επικύρωση του έργου. Το έργο θα περιλαμβάνει την εμπειρογνομοσύνη ορισμένων κορυφαίων ακαδημαϊκών της Φινλανδίας από το πανεπιστήμιο του τομέα της τεχνολογίας του Tampere, το τεχνικό κέντρο ερευνών της Φινλανδίας, τα πανεπιστήμια Åbo Akademi, Aalto και Turku, αλλά και κορυφαία μέλη του θαλάσσιου ομίλου συμπεριλαμβανομένων των Rolls-Royce, DNV GL, Inmarsat, Deltamarin, NAPA, Brighthouse Intelligence, FinFerries και ESL Shipping, με κύριο σκοπό να εξετάσει το μέλλον των αυτόνομων πλοίων.



Εικόνα 17. Έναρξη πλοήγησης από τον καπετάνιο στο κέντρο απομακρυσμένου ελέγχου ROC



Σύμφωνα με το τεχνικό εγχειρίδιο που δημιούργησε η εταιρεία Rolls-Royce για το project AAWA, η ίδια η εταιρεία υποστηρίζει ότι οι απαραίτητες τεχνολογίες για την υλοποίηση ενός επιτυχημένου απομακρυσμένου ελέγχου ενός αυτόνομου πλοίου υφίστανται, ενώ τονίζει πως οι απαραίτητοι αισθητήρες, τα επικοινωνιακά συστήματα και ο προγραμματισμός των συστημάτων είναι επί του παρόντος εφικτοί παράγοντες. Ωστόσο η πρόκληση είναι η τεχνολογία να είναι αξιόπιστη και οικονομικά αποδοτική.

Δεδομένων των ανησυχιών, αναφορικά με θέματα ασφαλείας και οικονομικών επενδύσεων σε ένα αυτόνομο φορτηγό πλοίο, απαιτούνται εκτεταμένες δοκιμές πριν αναπτυχθεί η κατάλληλη τεχνολογία. Βέβαια επισημαίνεται πως εάν δεν αλλάξει το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο, η ιδέα των αυτόνομων πλοίων δεν θα υλοποιηθεί, καθώς θα προκύψουν σημαντικά νομικά, ρυθμιστικά και ασφαλώς ασφαλιστικά θέματα. Παρά τα πιθανά ζητήματα ωστόσο η Rolls-Royce είναι αισιόδοξη για το μέλλον αυτής της τεχνολογίας, μάλιστα ο αντιπρόεδρος του τμήματος ναυτιλιακής καινοτομίας της εταιρείας κ. Oskar Levander δήλωσε πως, «αναμφίβολα τα αυτόνομα πλοία θα μεταμορφώσουν την βιομηχανία, επισημαίνοντας πως μέχρι το τέλος του 2020 θα έχει υλοποιηθεί το πρώτο τηλεχειριζόμενο εμπορικό αυτόνομο πλοίο».

Επίσης τόνισε πως τα αυτόνομα πλοία, αρχικά θα λειτουργούν σαν μικρά σκάφη που πλέον σε περιορισμένο χώρο με συγκεκριμένη διαδρομή, όπως ένα πορθμείο. Για τεχνικούς και νομικούς λόγους, μια σαφώς καθορισμένη ολοκληρωμένη λειτουργία ενός τέτοιου πλοίου σε μία χώρα, αποτελεί και την εμπορική εφαρμογή της αυτόνομης τεχνολογίας. Για παράδειγμα, η εταιρεία Svitzer μαζί με την Rolls-Royce, ανέπτυξαν την πρώτη απομακρυσμένη λειτουργία ενός εμπορικού ρυμουλκού πλοίου στο λιμάνι της Κοπεγχάγης στην Δανία, το οποίο ελέγχεται απομακρυσμένα από έναν καπετάνιο που βρίσκεται στην ακτή, σε ένα κέντρο ελέγχου. Έτσι λοιπόν ενισχύεται η πεποίθηση των στελεχών της εταιρείας Rolls-Royce, ότι το πρώτο τηλεχειριζόμενο εμπορικό πλοίο θα κυκλοφορήσει το 2025, ενώ θα υπάρξει μαζική παραγωγή το 2030. Στην παρακάτω εικόνα, η οποία αντλήθηκε από το επίσημο εγχειρίδιο Remote and Autonomous Ships, The next steps του project AAWA της Rolls-Royce, διακρίνεται η εξέχουσα σημασία του συστήματος Inmarsat, καθώς παρέχει την πλατφόρμα δορυφορικών επικοινωνιακών συνδέσεων που απαιτούνται, ώστε να υφίσταται η δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου του πλοίου.



Εικόνα 18. Ο ρόλος του συστήματος Inmarsat στο project AAWA, της Rolls-Royce

3.7.2 Το Project Kongsberg-Yara έως το 2020

Το πλοίο Yara Birkeland (εικόνα 19) [99], αποτελεί το πρώτο πλήρως ηλεκτρικό και αυτόνομο πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο, με μηδενικές εκπομπές ρύπων. Με αυτό το πλοίο η εταιρεία Yara θα μειώσει τις οδικές μεταφορές με φορτηγά οχήματα diesel κατά 40.000 ετησίως. Ονομάστηκε «Yara Birkeland» αφενός από τον ιδρυτή της Yara, αφετέρου από τον διάσημο επιστήμονα και πρωτοπόρο Kristian Birkeland, και αποτελεί το πρώτο παγκοσμίως πλήρως ηλεκτρικό τροφοδοτικό πλοίο εμπορευματοκιβωτίων. Ο Πρόεδρος και Διευθύνων Σύμβουλος της Yara κ. Tore Holsether ανέφερε, «Με το πλοίο αυτό θα μετατρέψουμε τις οδικές μετακινήσεις σε θαλάσσιες, μειώνοντας έτσι τα επίπεδα θορύβου, ρύπων, βελτιώνοντας έτσι την ασφάλεια στους δρόμους και μειώνοντας δραστικά τις εκπομπές NOx και CO2». Το ηλεκτροκίνητο πλοίο Yara, αναμένεται να ξεκινήσει στα τέλη του 2018, αρχικά παραδίδοντας προϊόντα της Yara's Porsgrunn από το Brevik στο Larvik, κατά μήκος μιας διαδρομής 37 μιλίων στην Νότια Νορβηγία.



Ωστόσο θα έχει μικρό μέγεθος, τηρώντας τα σύγχρονα πρότυπα, με χωρητική ικανότητα της τάξεως των 100 έως 150 εμπορευματοκιβωτίων [100]. Το εκτιμώμενο κόστος σύμφωνα με την Wall Street Journal, θα είναι περίπου 25 εκατομμύρια δολάρια, δηλαδή τρεις φορές περισσότερο σε σχέση με ένα συμβατικό ίδιου μεγέθους, ωστόσο η εξοικονόμηση λειτουργικών εξόδων, καυσίμων και πληρώματος θα φτάσει έως και 90%.

Αν και αναμένεται να λειτουργήσει το 2019, θα μεταβεί σε πλήρως αυτόνομη λειτουργία σε διαδοχικά στάδια. Αρχικά θα λειτουργήσει με πλήρωμα επί του σκάφους, έπειτα απομακρυσμένα και έως το 2020 θα είναι πλήρως αυτοκαθοδηγούμενο. Το πλοίο Yara Birkeland, θα αναπτυχθεί από την γεωργική επιχείρηση Yara International, ενώ υπεύθυνος για την δημιουργία των αυτόνομων βοηθητικών συστημάτων, είναι η εταιρεία Kongsberg. Εκπρόσωποι της Yara δήλωσαν μάλιστα πως εάν οι κυβερνήσεις υιοθετήσουν τις νομοθεσίες και τους κατάλληλους κανόνες λειτουργίας τέτοιων πλοίων, στα πλάνα της εταιρείας βρίσκεται η κατασκευή ακόμα μεγαλύτερων αυτόνομων πλοίων, τα οποία θα διανύουν ακόμα μεγαλύτερες διαδρομές. Εάν επιτευχθεί παρόμοια εξοικονόμηση κόστους, τότε τα αυτόνομα πλοία θα αποτελέσουν την νέα εποχή στην παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία.



Εικόνα 19. Το πρώτο παγκοσμίως πλήρως ηλεκτρικό και αυτόνομο φορτηγό πλοίο, με μηδενικές εκπομπές ρύπων, Yara Birkeland



Η εταιρεία Kongsberg είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη και παράδοση όλων των βασικών τεχνολογιών, που επιτρέπουν στο πλοίο Yara Birkeland την χρήση αισθητήρων και ολοκληρωμένων συστημάτων, που απαιτούνται για την απομακρυσμένη και αυτόνομη λειτουργία σε συνδυασμό με την ηλεκτρική μονάδα και τα συστήματα ελέγχου μπαταρίας και ηλεκτροπρόωσης [101]. Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά του πλοίου καθορίζονται αναλυτικά στην εικόνα 20 [102].

The Yara Birkeland: Key Specifications	
Vessel Type	Container Vessel
Size	120 TEU (3200 DWT)
Propulsion System	Electric
Battery Pack	7-9 MWh
Proximity Sensors	Radar, Lidar, AIS, Camera, IR Camera
Connectivity & Communications	Maritime Broadband Radio, Satellite Communications, GSM
Operational Area	12 Nautical Miles between 3 ports in southern Norway (Coastal Waters)
Operation/Control Centers	YARA at Porsgrunn, Kongsberg Maritime, Kystverket VTS centre at Brevik

- **Length o.a.:** 79,5 m
- **Length p.p.:** 72,4 m
- **Width mld.:** 14,8 m
- **Depth shelter deck:** 10,8 m
- **Draught (full):** 6 m
- **Draught (ballast):** 3 m
- **Service speed:** 6 knots
- **Max speed:** 13 knots
- **Deadweight:** 3 200 mt
- **Propellers:** 2 Azimuth pods
- **Thrusters:** 2 Tunnel thruster
- **Proximity sensors**
 - Radar
 - Lidar
 - AIS
 - Camera
 - IR camera
- **Connectivity & Communication**
 - Maritime Broadband Radio
 - Satellite Communications
 - GSM

Εικόνα 20. Τεχνικά χαρακτηριστικά του αυτόνομου πλοίου Yara Birkeland

Συνεπώς η εταιρεία Kongsberg, όντας η κορυφαία εταιρεία παγκόσμιας ναυτιλιακής τεχνολογίας, διαθέτει ολοκληρωμένα συστήματα ελέγχου και παρακολούθησης που είναι σε θέση να παρέχουν απομακρυσμένη τεχνολογία για απομακρυσμένες και μη επανδρωμένες λειτουργίες. Με αυτό τον τρόπο, το πλοίο Yara Birkeland, πρόκειται να εξελιχθεί σημαντικά σε πολλούς τομείς και να επωφεληθεί σε τεράστιο βαθμό, από τις προηγμένες ικανότητες και τις αποτελεσματικές τεχνολογίες, που αναπτύσσει διαρκώς η ναυτιλιακή τεχνολογική εταιρεία κολοσσός Kongsberg.



- Αυτόνομο πλοίο Hrönn[103]: Η κορυφαία εταιρεία θαλάσσιων υπηρεσιών BOURBON, έχει εισέλθει σε Μνημόνιο Συμφωνίας (MOU), με τα αυτοματοποιημένα πλοία Ltd, ώστε να υποστηρίξει την κατασκευή του πρώτου, πλήρως αυτόνομου χαμηλού κόστους πρωτότυπου πλοίου, σε συνεργασία με τον πρωτογενή συνεργάτη του έργου, την εταιρεία KONGSBERG.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 21 το πλοίο Hrönn αποτελεί ένα ελαφρύ, βοηθητικό πλοίο που εξυπηρετεί την επιστήμη της υδρογραφίας και τις χερσαίες καλλιέργειες. Οι προβλεπόμενες χρήσεις περιλαμβάνουν την έρευνα, την ανάκτηση, την παρακολούθηση, την ελαφριά παράδοση εμπορευμάτων στις εγκαταστάσεις ξηράς και την αγροτική υποστήριξη σε ανοιχτά νερά, ωστόσο δεν περιορίζεται μόνον σε αυτές τις χρήσεις. Η εταιρεία KONGSBERG θα συμβάλει ουσιαστικά στην τεχνολογική τεχνογνωσία και θα προσφέρει σημαντικό ναυτιλιακό εξοπλισμό, που κρίνεται απαραίτητος για τον σχεδιασμό, την κατασκευή και την αποτελεσματική λειτουργία του Hrönn, συμπεριλαμβανομένων όλων των συστημάτων εντοπισμού θέσης και πλοήγησης, δορυφόρων για αναφορά θέσεων, ναυτιλιακό αυτοματισμό και συστήματα επικοινωνίας.

Τα συστήματα ελέγχου του σκάφους συμπεριλαμβανομένης του συστήματος δυναμικής θέσης K-Pos, του αυτοματισμού K-Chief και του K-Bridge ECDIS, θα εγκατασταθούν στο κέντρο ελέγχου ξηράς, ώστε να επιτρέπεται η πλήρως απομακρυσμένη λειτουργία του πλοίου Hrönn.



Εικόνα 21. Το αυτόνομο πλοίο απομακρυσμένου ελέγχου Hrönn



- Project πυροσβεστικού πλοίου RALamander 2000[104]: Οι εξελισσόμενες ανάγκες ασφάλειας και προστασίας των σύγχρονων λιμένων, οδήγησαν την εταιρεία Kongsberg Maritime και ναυπηγούς της εταιρείας Robert Allan Ltd. στην ανάπτυξη ενός ριζικά νέου απομακρυσμένου πυροσβεστικού σκάφους, που θα επιτρέπει την πρόσβαση σε επικίνδυνες πυρκαγιές των λιμένων πιο ασφαλέστερα από ποτέ.

Το μη επανδρωμένο σκάφος RALamander (εικόνα 22), θα προσφέρει πυροσβεστικές υπηρεσίες, οι οποίες θα καθιστούν το πυροσβεστικό προσωπικό λιγότερο εκτεθειμένο σε κινδύνους. Επιπλέον το πλοίο θα λειτουργεί ως πολλαπλασιαστής ισχύος κατάσβεσης πυρκαγιών, με την χρήση συμβατικών συστημάτων πυρόσβεσης. Το σύστημα ελέγχου και επικοινωνιών της Kongsberg Maritime, θα διαθέτει ένα ασύρματο ζεύγος υψηλής ευρυζωνικότητας και χαμηλής λανθάνουσας ταχύτητας, σε μια ημι-φορητή κονσόλα του χειριστή του πλοίου.

Όπως συμβαίνει και με άλλα αυτόνομα συστήματα ελέγχου της εταιρείας, η ευέλικτη αρχιτεκτονική του συστήματος ελέγχου του πλοίου RALamander, αφήνει περιθώρια σε ένα μεγάλο εύρος επιπέδων αυτονομίας, τα οποία μπορούν να διαμορφωθούν ή να αναβαθμιστούν μελλοντικά ανάλογα με τις εξελισσόμενες ανάγκες του χειριστή ή του λιμένος.



Εικόνα 22. Πυροσβεστικό πλοίο απομακρυσμένου ελέγχου RALamander 2000



Το συγκεκριμένο πλοίο θα έχει μήκος 20 μέτρα και θα διαθέτει ικανότητα άντλησης της τάξεως των 2400 κυβικών μέτρων ανά ώρα με προαιρετικό αφρό. Θα διαθέτει μια σειρά από αυτόματες λειτουργίες πυρόσβεσης, όπως η δυναμική τοποθέτηση και η στόχευση του ψεκασμού νερού. Επιπλέον θα διαθέτει ένα χαμηλό προφίλ σχεδιασμού, ώστε να είναι δυνατή η κατάσβεση πυρκαγιών ακόμα και κάτω από αποβάθρες.

Επιπλέον στην περίπτωση όπου ένα φλεγόμενο πλοίο απειλεί το περιβάλλον του, τότε το πλοίο RALamander μπορεί να χρησιμοποιηθεί, ώστε να παιδεύσει την ασφαλή απόσταση του, μέσω του συστήματος GET (Grapple Emergency Towing). Η ευελιξία του συγκεκριμένου πλοίου μπορεί επίσης να προσφέρει νέους τρόπους συντήρησης και λειτουργίας των μέτρων πυροπροστασίας των λιμένων. Το πλοίο RALamander 2000 αντιπροσωπεύει μια σημαντική αλλαγή αλλά και βελτίωση των δυνατοτήτων της ασφάλειας των λιμενικών μέσων πυρόσβεσης, καθώς προσφέρει όλα εκείνα τα σημαντικά πλεονεκτήματα μιας τηλεχειριζόμενης αντιμετώπισης πυρκαγιάς, ικανοποιώντας αυξημένες απαιτήσεις.

- Project αυτόνομου πλοίου PILOT-E [105]: Η εταιρεία κολοσσός Kongsberg υπέγραψε σύμβαση έρευνας και καινοτομίας (R&I), με τον οργανισμό τεχνολογικής επιτάχυνσης PILOT-E, για την ανάπτυξη πλήρως ηλεκτρικών, αυτόνομων οχηματαγωγών πλοίων μηδενικών εκπομπών. Το όραμα της ιδέας του αυτόνομου οχηματαγωγού πλοίου PILOT-E (εικόνα 23), είναι να αναπτύξει ένα πλοίο τελευταίας τεχνολογίας, μηδενικών εκπομπών ως εθνικό σχέδιο μεταφοράς. Το πρόγραμμα PILOT-E, αποσκοπεί στην επιτάχυνση της διάθεσης τεχνολογικά βιώσιμων λύσεων αιχμής. Για την Kongsberg η σύμβαση R&I, παρέχει χρηματοδότηση αναφορικά με την ανάπτυξη νέων αυτόνομων λειτουργιών, όπως Auto Docking και Auto Sailing, δίνοντας στην νορβηγική εταιρεία το έρεισμα για να συνεχίσει, την δυναμική και πρωτοποριακή ανάπτυξη της αυτόνομης λειτουργίας των εμπορικών πλοίων.



Για την εκπλήρωση της αποστολής του σχεδίου PILOT-E, η Kongsberg είναι επικεφαλής μιας κοινοπραξίας με την τεχνολογία Greenland Energy στην τεχνολογία των θαλάσσιων μπαταριών, το ναυπηγείο Fjellstrand στον σχεδιασμό πλοίων, την Grønn Kontakt σχετικά με την φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων, τόσο στην αποβάθρα όσο και στο πλοίο αλλά και το πανεπιστήμιο NTNU σαν επιστημονικό συνεργάτη, για θέματα αυτονομίας και διαχείρισης ενέργειας.



Εικόνα 23. Αυτόνομο επιβατηγό πλοίο PILOT-E

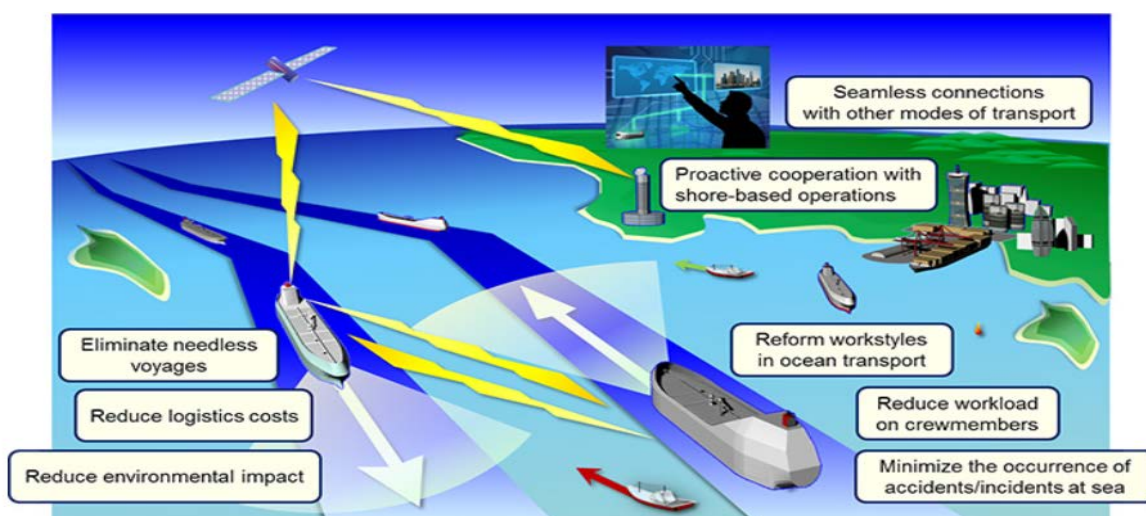
3.7.3 Ιαπωνική κοινοπραξία Mitsui O.S.K Lines-Mitsui Engineering & Shipbuilding έως το 2025

Οι σημαντικότερες εταιρείες κατασκευής πλοίων στοιχηματίζουν στην τεχνολογική πείρα της Ιαπωνίας, για να βελτιώσουν την σημερινή τους παγκόσμια θέση. Στις αρχές του 2018 το Ιαπωνικό Υπουργείο Χωροταξίας, Υποδομής Μεταφορών και Τουρισμού, ανακοίνωσε ένα κοινό σχέδιο μεταξύ της Mitsui O.S.K. Lines και της Mitsui Engineering & Shipbuilding Co. Η ερευνητική κοινοπραξία θέτει σε επαφή εταιρείες, κυβερνητικούς οργανισμούς και πανεπιστήμια, με στόχο την δημιουργία μιας τεχνολογικής ιδέας αναφορικά με αυτόνομα πλοία.



Η προσπάθεια του τμήματος έρευνας και ανάπτυξης, αναμένεται να κοστίσει εκατοντάδες εκατομμύρια, καθώς τα μέλη της κοινοπραξίας θα αναπτύξουν την τεχνολογική ιδέα για τα αυτόνομα πλοία, αξιοποιώντας τα δυνατά σημεία κάθε συμμετέχουσας εταιρείας και οργάνωσης, καθορίζοντας έτσι μια πορεία προς την ανάπτυξη της τεχνολογίας που απαιτείται, για την υλοποίηση αυτόνομων πλοίων, που θα παρέχουν αξιόπιστες, ασφαλείς και αποδοτικές θαλάσσιες μεταφορές [106]. Εκτός από την προώθηση της τεχνολογίας για τα αυτόνομα συστήματα θαλάσσιων μεταφορών, το έργο θα προωθήσει ένα κίνημα για την ανάπτυξη της απαιτούμενης υποδομής και θα κερδίσει την δημόσια υποστήριξη, για την εφαρμογή αυτών των προηγμένων τεχνολογιών, διανέμοντας τα αποτελέσματα στην κοινωνία και την ναυτιλιακή βιομηχανία, καθώς εξελίσσεται η έρευνα [107].

Το έργο θα εξετάσει επίσης τις σχέσεις έρευνας και ανάπτυξης σχετικά με επιχειρηματικές ιδέες, συστήματα, υποδομές αλλά και την κοινωνική εφαρμογή που σχετίζεται με τις αυτόνομες θαλάσσιες μεταφορές, οι οποίες σχεδιάζονται από την Ιαπωνική Ένωση Τεχνολογίας & Έρευνας Πλοίων. Ωστόσο ο απώτερος στόχος, είναι η κοινή εξειδίκευση μεταξύ αρκετών Ιαπωνικών ναυτιλιακών εταιρειών, ώστε έως το 2025 να διαθέτουν αυτόνομα πλοία. Φαίνεται λοιπόν πως η υιοθέτηση της αυτόνομης τεχνολογίας, θα αποτελέσει συνάρτηση του προϋπολογισμού μιας χώρας, αλλά και της σημαντικότητας των θαλάσσιων μεταφορών στην οικονομία της. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 24, τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την αυτόνομη τεχνολογία είναι σημαντικά.



Εικόνα 24. Απεικόνιση πλεονεκτημάτων αυτόνομου πλοίου σύμφωνα με την Mitsui O.S.K. Lines, Ltd.

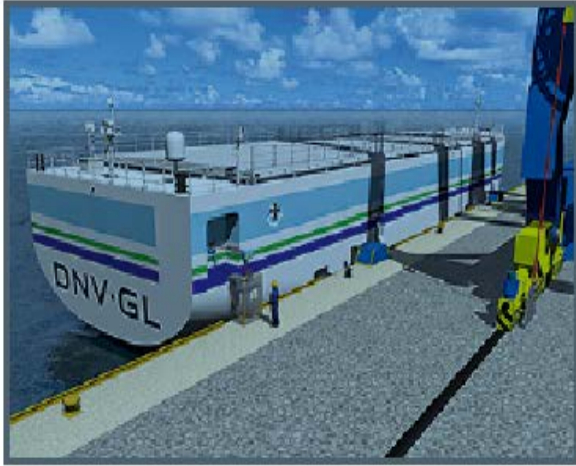


3.7.4 Το ReVolt Project των DNV GL-NTNU

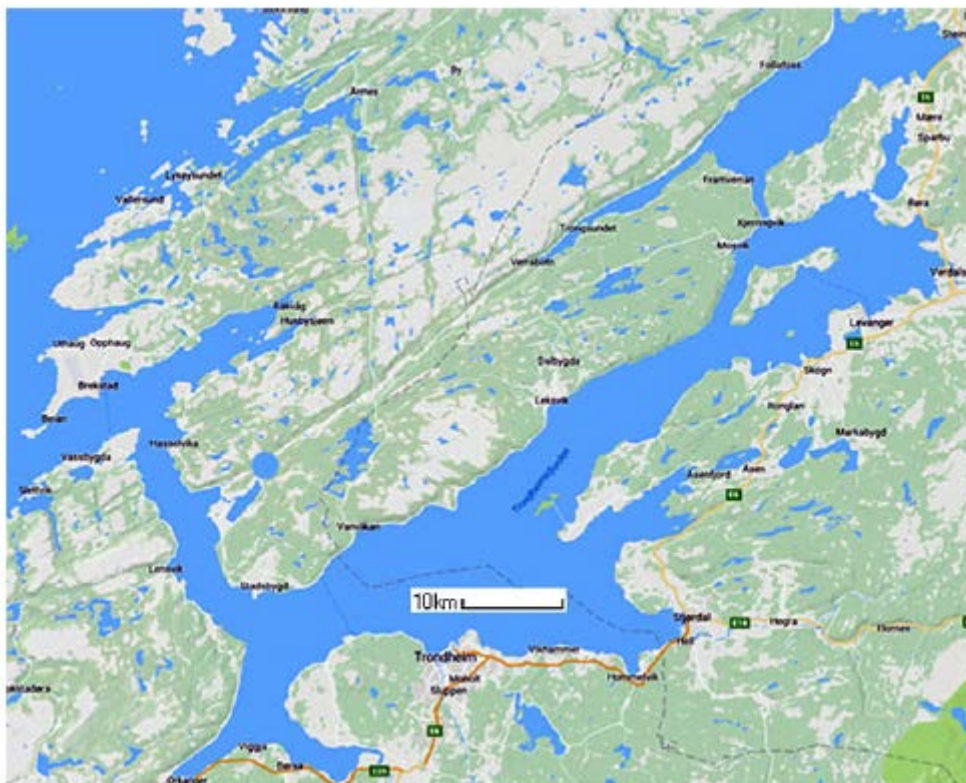
Ο παγκόσμιος νηογνώμονας DNV GL, σε συνδυασμό με το Νορβηγικό πανεπιστήμιο επιστήμης και τεχνολογίας ανέπτυξαν ένα project, στο οποίο ανέπτυξαν ένα μη επανδρωμένο πλοίο κλίμακας 1:20, το λεγόμενο ReVolt [108], που παρουσιάζεται στην εικόνα 25. Με αυτό τον τρόπο οι φορείς προσπαθούν να διερευνήσουν κατά πόσο τα προηγμένα συστήματα ελέγχου και το λογισμικό πλοήγησης, ανταποκρίνονται στις ανάγκες του δοκιμαστικού πλοίου.

Μάλιστα ο Διευθυντής του τμήματος τεχνολογίας και ανάπτυξης κ. Pierre C. Sames δήλωσε χαρακτηριστικά πως « Οι προηγμένες τεχνολογίες αισθητήρων, η ανάλυση δεδομένων και το εύρος ζώνης του κέντρου ελέγχου, αλλάζουν ριζικά τον τρόπο των ναυτιλιακών εργασιών ενώ τόνισε πως καθώς οι λειτουργίες ψηφιοποιούνται, θα γίνονται όλο και πιο αυτοματοποιημένες». Οι κυβερνήσεις προσπαθούν να αναπτύξουν την αυτόνομη τεχνολογία, ώστε να μειωθούν οι εκπομπές ρύπων που οφείλονται κατά κύριο λόγο στις οδικές μεταφορές. Ωστόσο η Νορβηγία κατέχει ηγετικό ρόλο στην εξερεύνηση καινοτόμων τρόπων αυτής της τεχνολογίας. Το 2016 οι κυβερνητικές υπηρεσίες και οι φορείς της βιομηχανίας δημιούργησαν το Νορβηγικό Φόρουμ Αυτόνομων Πλοίων (NFAS), με στόχο την προώθηση της έννοιας της μη επανδρωμένης ναυτιλίας.

Έτσι λοιπόν τόσο η Νορβηγία, η Φινλανδία, η Σιγκαπούρη και άλλα κράτη επιδιώκουν παρόμοιους στόχους. Ήδη η Νορβηγία μάλιστα, έχει μετατρέψει το φιόρντ του Trondheim της εικόνας 26, σε δοκιμαστική διαδρομή αυτόνομων πλοίων. Η εταιρεία DNV GL βρίσκεται στην μέση αυτής της εξέλιξης, προσπαθώντας να εξακριβώσει ότι οι υφιστάμενες τεχνολογίες καθιστούν δυνατή την ύπαρξη αυτόνομων πλοίων, με σκοπό την εκπλήρωση ανθρώπινων στόχων αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος. Οι εμπειρογνώμονες της DNV GL, αναγνώρισαν τρεις βασικούς παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν θετικά την απορρόφησης της αυτόνομης ναυτιλίας. Αρχικά ότι ο αυτοματισμός μειώνει τις πιθανότητες ανθρώπινου σφάλματος, επίσης η μεταφορά νερού μπορεί να είναι οικονομικότερη και θα υφίσταται εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με τις οδικές μεταφορές. Το σύστημα πρόωσης με μπαταρία, που χρησιμοποιεί το μοντέλο ReVolt υποδεικνύει, πως το κόστος συντήρησης σε ένα αυτόνομο πλοίο θα είναι μικρότερο σε σχέση με ένα συμβατικό.



Εικόνα 25. Μοντέλο Re-Volt πειραματικής κλίμακας της DNV GL, που χρησιμοποιείται δοκιμαστικά από ερευνητές του πανεπιστημίου NTNU



Εικόνα 26. Δοκιμαστική περιοχή Trondheimsfjord στην Βόρεια Νορβηγία



Επιπροσθέτως το μη επανδρωμένο πλοίο θα εξοικονομούσε οικονομικούς πόρους, καθώς δεν απαιτεί τεράστιες υπερκατασκευές, εξοικονομώντας έτσι βάρος και προσφέροντας περισσότερο ελεύθερο χώρο για μεταφορά φορτίων. Τέλος τα αυτόνομα πλοία μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε επικίνδυνες επιχειρήσεις, όπως σε διαδικασίες πυρόσβεσης ή διάσωσης ανθρώπων. Η DNV GL έχει ξεκινήσει να συμμετέχει σε πολλά project, όπως το AAWA της εταιρείας Rolls-Royce, αναφορικά με τον αυτοματισμό πλοίων και τις πτυχές της αυτόνομης τεχνολογίας, ενώ η τεχνολογία του πλοίου ReVolt θα μπορούσε ενδεχομένως να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ενός πλοίου τροφοδοσίας 100 TEU.

Επιπροσθέτως οι εταιρείες DNV GL, Kongsberg και Maritime Robotics αποτελούν αρωγούς στο project Autosea, του Νορβηγικού πανεπιστημίου NTNU, καθώς επιδιώκουν να κατανοήσουν την απόδοση των νέων συστημάτων αισθητήρων και το πιθανό ποσοστό αποφυγής σφάλματος της αυτόνομης τεχνολογίας ελέγχου, όπως η αποφυγή σύγκρουσης. Οι επιστημονικές φορείς επιδιώκουν την κατασκευή ενός πλοίου, που θα παρέχει υπηρεσίες μεταφοράς επιβατών και ποδηλάτων.

Τα χαρακτηριστικά που θα διαθέτει είναι ηλεκτρικό σύστημα πρόωσης, μία φορτισμένη επαγωγική μπαταρία, σύστημα πλοήγησης GPS και σύστημα αποφυγής συγκρούσεων. Το πλοίο θα μπορεί να μεταφέρει έως 12 επιβάτες και αναμένεται να λειτουργήσει έως τα τέλη του 2019. Ωστόσο μέχρι τα τέλη του 2019, δύο εμπορικά project πλησιάζουν προς την ολοκλήρωσή τους, καθώς η εταιρεία Rolls-Royce παρέχει αυτοματοποιημένα συστήματα για δύο πλοία κλάσης DNV GL, δύο επιπέδων που θα λειτουργούν με μπαταρία και θα ανήκουν στον Νορβηγικό φορέα Fjord1. Και τα δύο πλοία θα πλοηγούνται αυτόνομα, υπό την επιτήρηση του καπετάνιου, ο οποίος θα διαθέτει την ικανότητα ανάληψης ελέγχου οποιαδήποτε στιγμή. Το πρώτο πλοίο ωστόσο θα απαιτεί τον ανθρώπινο έλεγχο, ενώ το δεύτερο θα είναι σε θέση να διενεργεί πλήρως αυτόνομη πλοήγηση.



3.7.5 Νέες επιχειρήσεις παροχής υπηρεσιών αυτόνομων ναυτιλιακών συστημάτων

Πρόσφατα δύο εταιρείες κολοσσοί, παροχής ναυτιλιακού, βιομηχανικού και τεχνολογικού εξοπλισμού, συγχωνεύτηκαν έπειτα από συμφωνία της Rolls-Royce, να πουλήσει το τμήμα εμπορικών ναυτιλιακών πωλήσεων, στην εταιρεία Kongsberg Gruppen, έναντι 664,2 εκατομμυρίων δολαρίων. Η συμφωνία εξέφραζε την προσπάθεια των φιλοδοξιών της εταιρείας, αναφορικά με την δημιουργία του πρώτου παγκοσμίως ηλεκτρικού και αυτόνομου πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, έως το 2020. Όπως φαίνεται η Kongsberg, εδραιώνεται με στόχο να γίνει ο ηγέτης στον τομέα των πωλήσεων εξοπλισμού και τεχνολογικών συστημάτων, στη νέα γενιά πλοίων που πρόκειται να κατασκευαστούν με τα νέα πρότυπα συμμόρφωσης, που θα τεθούν σε ισχύ το 2020. Σε μία προσπάθεια μείωσης των παγκόσμιων εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου, ο παγκόσμιος ναυτιλιακός οργανισμός IMO, θα απαιτήσει όλα τα πλοία να συμμορφωθούν με ένα νέο όριο ποσότητας θείου εντός του πετρελαίου, που χρησιμοποιούνται στα πλοία έως την 1^η Ιανουαρίου 2020. Με το πέρας της αναγραφόμενης ημερομηνίας, η ποσότητα του θείου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 0,5% κατά μάζα (m/m), αντί του υφιστάμενου ποσοστού 3,5% που χρησιμοποιείται στα πλοία.

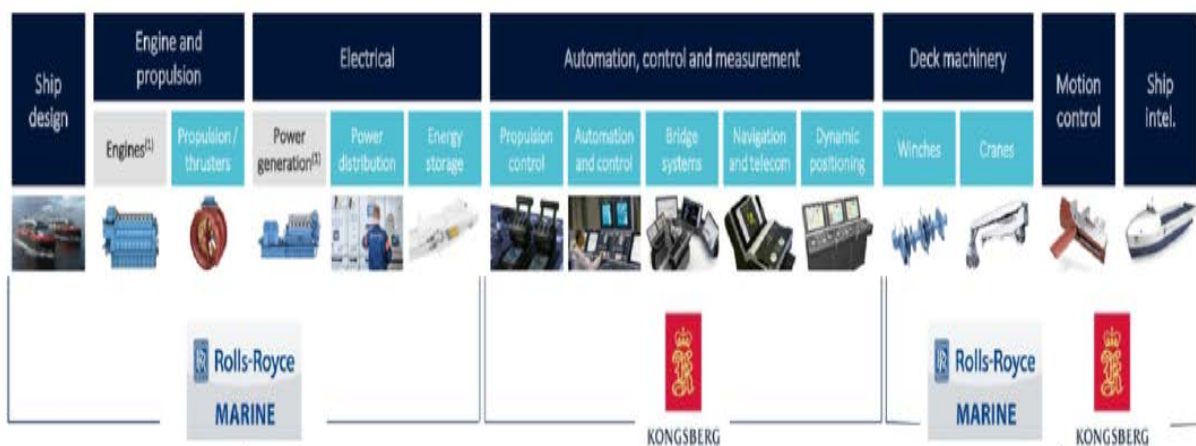
Ως αποτέλεσμα οι ιδιοκτήτες και οι κατασκευαστές πλοίων αναζητούν πλέον νέους τρόπους, ώστε τα πλοία να διασχίζουν τους ωκεανούς αποδοτικά και σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα.

Μάλιστα η εταιρεία OOCL, συνεργάστηκε πρόσφατα με την Microsoft Research Asia για να ενσωματώσει έξυπνο σύστημα πλοήγησης. Υπολογίζεται πως θα εξοικονομηθούν 10 εκατομμύρια δολάρια από την αποφυγή περιττών εξόδων, όπως η κατανάλωση καυσίμου. Η αυξημένη αποδοτικότητα του πλοίου, δεν θα αποτελέσει αρωγό μόνο στην συμμόρφωση αναφορικά με τις εκπομπές αερίων, αλλά και μέσω της αναβάθμισης των κύριων έξυπνων κινητήρων, όπου θα λάβει χώρα σημαντική μείωση λειτουργικών εξόδων. Τον Απρίλιο οι εταιρείες Kongsberg και Wilhelmsen, δημιούργησαν την νέα εταιρεία Massterly, μία κοινοπραξία που στοχεύει στην ανάπτυξη της αυτόνομης ναυτιλίας, καθώς οι δύο αυτές εταιρείες κατέχουν ηγετική θέση στο πλαίσιο της ψηφιοποίησης και των εννοιών αυτονομίας και έξυπνων πλοίων. Με την πώληση του τμήματος ναυτιλιακών εμπορικών πωλήσεων της Rolls-Royce, η εταιρεία Kongsberg θα εξυπηρετήσει περίπου 30.000 πλοία παγκοσμίως και θα διαθέτει συνεργάτες σε 34 χώρες [109].



Είναι πολύ σημαντικό το γεγονός, ότι η εταιρεία Kongsberg διαθέτει 20 χρόνια εμπειρία στην παροχή αυτόνομων υποβρυχίων οχημάτων, πυραύλων και προσομοιώσεων, καθώς διαθέτει ένα ευρύ φάσμα τεχνολογικών ικανοτήτων όπως ηλεκτροπτική, συστήματα αυτομάτου ελέγχου, συστήματα προσομοιώσεως, ανάπτυξη και σχεδίαση λογισμικού. Αποτελεί παγκοσμίως τον βασικό παράγοντα στην δοκιμή αυτόνομων πλοίων, καθώς διαθέτει μία ευρύ σειρά προϊόντων (εικόνα 27) [110], όπως:

- Συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου κινητήρα
- Συστήματα απόδοσης κινητήρα
- Λογισμικό διαχείρισης στόλου
- Σύστημα διαχείρισης πληροφοριών
- Ολοκληρωμένα συστήματα αυτοματισμού
- Συστήματα φόρτωσης-εκφόρτωσης
- Ευρυζωνική ναυτιλιακή επικοινωνία
- Αισθητήρες κίνησης και κατεύθυνσης
- Συστήματα εντοπισμού θέσης, DP, πηδάλιο, joystick
- Ηλεκτρικούς πίνακες
- Καταγραφείς δεδομένων ταξιδιού



Εικόνα 27. Παροχή ναυτιλιακών υπηρεσιών Rolls-Royce και Kongsberg



Είναι πολύ σημαντικό να σημειωθεί πως καμία άλλη εταιρεία δεν κατασκευάζει περισσότερα από τα απαραίτητα συστήματα αυτόνομων πλοίων. Τα παρεχόμενα συστήματα σχεδιάζονται και ενσωματώνονται μεταξύ τους, ώστε να παρέχουν μια ολοκληρωμένη εικόνα του αυτόνομου πλοίου, ενώ προσφέρουν εξοικονόμηση κόστους, ενισχύουν την ασφάλεια, την αξιοπιστία και την διαθεσιμότητα των πλοίων. Η ολοκλήρωση τέτοιων συστημάτων, ενισχύει την ικανότητα λήψης αποφάσεων, την βελτιστοποίηση ενεργειακών πόρων και αυξάνει σημαντικά την παραγωγικότητα, μέσω προώθησης της ταχύτερης διαδρομής.

3.8 Μελέτη περίπτωσης αυτόνομου πλοίου στον ελλαδικό χώρο

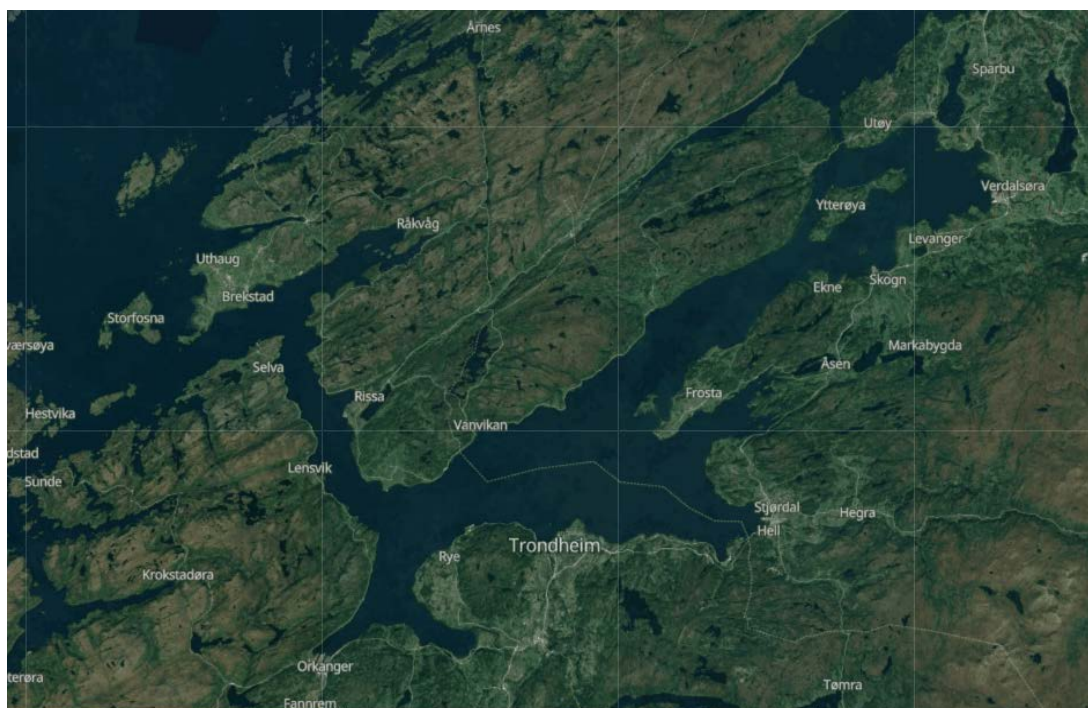
Σε αυτή την περίπτωση, θα μελετηθεί εάν υφίσταται η δυνατότητα δημιουργίας δοκιμαστικής περιοχής λειτουργίας αυτόνομων πλοίων, στην θαλάσσια περιοχή μεταξύ Πορθμείου Περάματος και Πορθμείου Σαλαμίνας και συγκεκριμένα στην περιοχή Παλούκια. Κατά την διάρκεια της πρώιμης μελέτης, τα στοιχεία που λήφθηκαν υπόψη, αντλήθηκαν από τις απαιτήσεις και τις απαραίτητες συνθήκες που τηρήθηκαν κατά τον σχεδιασμό των δοκιμαστικών περιοχών, τόσο του φιόρντ στο Trondheim στην Νορβηγία, όσο και στην θαλάσσια περιοχή του Jaakonmeri στην Φινλανδία. Συνεπώς σε πρώτο στάδιο θα παρατεθούν οι συνθήκες δοκιμαστικού ελέγχου σε κάθε περίπτωση, έτσι ώστε να παραχθούν χρήσιμα συμπεράσματα αναφορικά με την ύπαρξη βιωσιμότητας μίας θαλάσσιας περιοχής δοκιμαστικού ελέγχου μη επανδρωμένων αυτόνομων πλοίων, στην θαλάσσια περιοχή Περάματος-Σαλαμίνας.

Τα στοιχεία στα οποία θα δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα, φυσικά έχουν σαν κύρια προτεραιότητα τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην εκάστοτε θαλάσσια περιοχή, δηλαδή τον μέσο όρο κυματισμού ετησίως αλλά και τον μέσο όρο ισχύος ανέμων, επιπροσθέτως θα ληφθεί υπόψη η συχνότητα κυκλοφορίας πλοίων, το βύθισμα της θαλάσσιας περιοχής και τέλος ο παράγοντας της μορφολογίας της θαλάσσιας περιοχής, δηλαδή το εύρος πλάτους και μήκους.



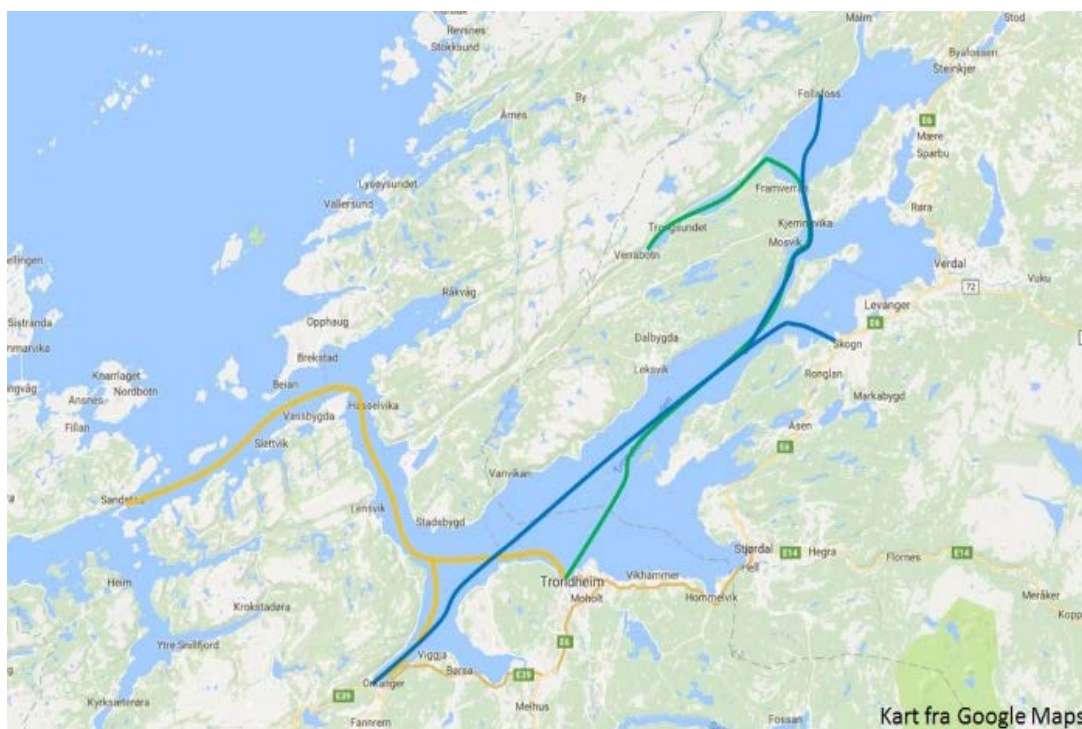
3.8.1 Φιόρδ Trondheim

Στην περίπτωση της Νορβηγικής θαλάσσιας δοκιμαστικής περιοχής, το φιόρδ του Trondheim (εικόνα 28) [111], αποτελεί μια παράκτια περιοχή αφιερωμένη στην ανάπτυξη της τεχνολογίας αυτόνομων πλοίων, θέτοντας τις ζωτικές υποδομές ενώ αποτελεί ιδιαίτερα κομβικό σημείο για το μέλλον και την εξέλιξη της αυτόνομης ναυτιλίας. Η περιοχή έχει δεσμευτεί από την εταιρεία Kongsberg για την δοκιμή και εξέλιξη των αισθητήριων και λογισμικών συστημάτων και γενικά κάθε συστήματος που προωθεί την αυτόνομη τεχνολογία.



Εικόνα 28. Δορυφορική απεικόνιση του Νορβηγικού φιόρδ Trondheim

Το Trondheim βρίσκεται στην 3^η θέση των μεγαλύτερων φιόρδ της χώρας, ενώ έχει μήκος 130 χλμ. και μέγιστο βάθος 617 μέτρα. Στην είσοδο του βρίσκονται πολλά μικρού μεγέθους νησιά, όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τις δοκιμές εμποδίων. Οι 3 επιλεγόμενες διαδρομές (εικόνα 29), που θα εκτελούνται έχουν μεταξύ τους απόσταση 80-90 χλμ. περίπου δηλαδή 43-48 ν.μ. [112].



Εικόνα 29. Διαδρομές ελέγχου αυτόνομων πλοίων στο φιόρντ του Trondheim

Τα αυτόνομα πλοία διατηρούν ταχύτητα 6 κόμβων, ενώ χρειάζονται 8 ώρες για να διασχίσουν επιτυχώς την εκάστοτε διαδρομή. Ιδιαίτερη σημασία έχει το γεγονός ότι το φιόρντ αποτελείται από προστατευμένα νερά, χωρίς υπερβολικούς κυματισμούς της τάξεως των 1,2-1,6 μέτρων και δίχως ισχυρά ρεύματα, έτσι ώστε οι πειραματικές δοκιμές να λαμβάνουν χώρα δίχως εμπόδια και απαγορευτικές καιρικές συνθήκες.

Πρόκειται για μία δοκιμαστική περιοχή υψηλά κατάλληλη για δοκιμές, καθώς το φιόρντ κατέχει υψηλό μήκος και πλάτος, σαν μία μικρή θάλασσα. Επιπροσθέτως εξαιρετικής σημασίας είναι το γεγονός ότι στην περιοχή επικρατεί σχετικά χαμηλή κίνηση πλοίων. Τέλος η επιλογή του Trondheim βασίστηκε στο ιδιαίτερα σημαντικό γεγονός, ότι σε κοντινή απόσταση από την δοκιμαστική περιοχή, εδρεύονται όλοι εκείνοι οι συσχετιζόμενοι φορείς συμπεριλαμβανομένων των επιστημονικών ινστιτούτων, εταιρείες και ναυτικές βιομηχανίες με ιδιαίτερα μακρά παράδοση στον τομέα της έρευνας και ανάπτυξης αυτόνομων συστημάτων, αυτόνομων πλοίων, υδατοκαλλιέργειών, εξόρυξης ορυκτών μετάλλων και της ρομποτικής[113].

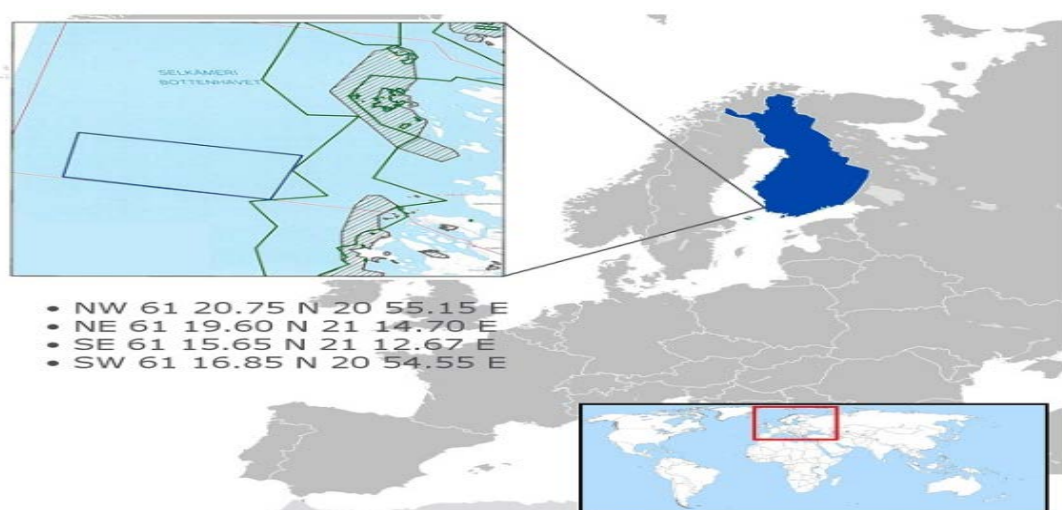


Ουσιαστικά οι φορείς έχουν στην πραγματικότητα ένα εργαστήριο δοκιμών κυριολεκτικά στο κατώφλι τους. Έτσι λοιπόν μεγάλες εταιρείες όπως η Kongsberg Seatex, Rolls-Royce, Marintek και Maritime Robotics, έχουν ενώσει τις δυνάμεις τους μαζί με το Νορβηγικό πανεπιστήμιο NTNU, ώστε να εντατικοποιηθούν οι δοκιμές αυτόνομων πλοίων.

3.8.2 Φιόρδ Jaakonmeri

Η συγκεκριμένη θαλάσσια περιοχή δοκιμαστικής λειτουργίας αυτόνομων πλοίων, η οποία ελέγχεται από την εταιρεία DIMECC Ltd., είναι διαθέσιμη για όλες τις εταιρείες, ερευνητικά ινστιτούτα και γενικά σε όσους επιθυμούν να δοκιμάσουν τα αυτόνομα πλοία και φυσικά την τεχνολογία που σχετίζεται με αυτά. Το φιόρδ του Jaakonmeri (εικόνα 30) [114], αποτελεί ένα ιδανικό μέρος δοκιμών καθώς το μεγαλύτερο μήκος της βόρειας πλευράς της είναι περίπου στα 17,85 χλμ., ενώ της δυτικής ανέρχεται στα 7,10 χλμ. μήκος [115].

Ουσιαστικά πρόκειται για μία ανοιχτή περιοχή όπου επιτρέπει την δοκιμαστική λειτουργία αυτόνομων πλοίων, ακόμα και υπό περιπτώσεις πάγου τον χειμώνα, ενώ παρέχει εξαιρετική διαθέσιμη συνδεσιμότητα δεδομένων.



Εικόνα 30. Η δεσμευμένη περιοχή δοκιμαστικών ελέγχων Jaakonmeri στην Φινλανδία



3.8.3 Θαλάσσιο πέρασμα Σαλαμίνας-Περάματος

Ουσιαστικά το συγκεκριμένο θαλάσσιο πέρασμα (εικόνα 31) [116], αποτελεί και το αντικείμενο της μελέτης, καθώς θα εξεταστεί η βιωσιμότητα ανάπτυξης μίας θαλάσσιας περιοχής δοκιμαστικών ελέγχων αυτόνομων πλοίων, με κριτήρια την θαλάσσια κίνηση, την μορφολογία και φυσικά τις κατά μέσο όρο επικρατούσες καιρικές συνθήκες στην περιοχή. Τα καιρικά στοιχεία αντλήθηκαν τόσο από την βάση δεδομένων γνωστής μετεωρολογικής ιστοσελίδας, όσο και από λιμενεργάτες αλλά και πλοίαρχους των ferry boat που λειτουργούν στην συγκεκριμένη γραμμή. Επιπροσθέτως τα στοιχεία που αφορούν την θαλάσσια κίνηση πάρθηκαν, από δεδομένα της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής.



Εικόνα 31. Δορυφορική απεικόνιση θαλάσσιου περάσματος Περάματος-Σαλαμίνας

Αναφορικά με τις καιρικές συνθήκες, από τα δεδομένα των καιρικών συνθηκών και τις μαρτυρίες διαπιστώνεται, πως ο μέγιστος σχηματισμός κυμάτων στην θαλάσσια περιοχή είναι στα 1,2 μέτρα, ενώ η κατά μέσο όρο ταχύτητα των ανέμων κυμαίνεται στα 3-4 bf. Μέγιστη ισχύς ανέμων 7-8 bf παρατηρείται 1-2 φορές, γεγονός που οδηγεί στην εντολή απαγόρευσης απόπλου των πλοίων [117],[118].



Αναφορικά με τα βυθίσματα, προκύπτει ότι το πορθμείο Περάματος έχει βύθισμα 3,5 μέτρα, ενώ το πορθμείο Σαλαμίνας 2,9 μέτρα, επίσης κατά το μέσο της απόστασης η μέγιστη απόσταση μεταξύ θαλάσσιας επιφανείας και βυθού κυμαίνεται επισήμως και χαρτογραφημένα στα 12 μέτρα. Η απόσταση μεταξύ των δύο πορθμείων είναι περίπου 1,2 ν.μ., με το μικρότερο πλάτος της διαδρομής να απέχει 0,3 ν.μ. και το μικρότερο βύθισμα στο συγκεκριμένο σημείο να ανέρχεται στα 3,2 μέτρα. Ο χρόνος που απαιτείται για την μεταβίβαση μεταξύ των δύο λιμένων, με μία μέση ταχύτητα 6,8 κόμβων είναι στα 10-15 λεπτά.

Τέλος, αναφορικά με την κίνηση των επιβατηγών σύγχρονων αμφίδρομων πλοίων τύπου φέρι, αρκεί κανείς να παρατηρήσει τα στοιχεία της Eurostat, όπου αναδεικνύουν πως τα Παλούκια της Σαλαμίνας βρίσκονται στη δεύτερη θέση της λίστας με τα λιμάνια που έχουν τη μεγαλύτερη διακίνηση επιβατών στην Ευρώπη, ενώ το Πέραμα βρίσκεται στην τρίτη θέση αντίστοιχα [119]. Επομένως προσμετρώντας τα στοιχεία της εικόνας, παρατηρείται ο ολοένα αυξανόμενος αριθμός διακινηθέντων επιβατών στη συγκεκριμένη διαδρομή κατά την διάρκεια του πρώτου τριμήνου των ετών 2016-2018 (εικόνα 32) [120]. Επιπροσθέτως στο συγκεκριμένο θαλάσσιο πέρασμα υπάρχει ιδιαίτερα αυξημένη κυκλοφορία πλοίων, τόσο του εμπορικού όσο και του πολεμικού ναυτικού, μικρά σκάφη αναψυχής αλλά και αλιείας, φέρι και μικρά σκάφη μεταφοράς επιβατών. Επομένως γίνεται κατανοητή η τεράστια καθημερινή κίνηση πλοίων, που επικρατεί καθόλη την διάρκεια του χρόνου.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Πίνακας 7. Διακινηθέντες επιβάτες και μεταφερθέντα οχήματα με πορθμεία τοπικών συγκοινωνιών, κατά γραμμή, το Α' τρίμηνο των ετών 2016, 2017 και 2018										
Πορθμειακές γραμμές	Διακινηθέντες επιβάτες			Μεταβολή %		Μεταφερθέντα οχήματα (1)			Μεταβολή %	
	Α' Τρίμηνο 2016	Α' Τρίμηνο 2017	Α' Τρίμηνο 2018	2017/2016	2018/2017	Α' Τρίμηνο 2016	Α' Τρίμηνο 2017	Α' Τρίμηνο 2018	2017/2016	2018/2017
Σύνολο	2,594,1	2,653,1	2,762,1			1,192,1	1,231,1	1,259,1		
Περάματος - Παλουκίων	1,407,373	1,448,621	1,474,478	2.9	1.8	731,236	758,848	747,043	3.8	-1.6

Πίνακας 24. Στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής αναφορικά με τον αριθμό των διακινηθέντων επιβατών και οχημάτων τα πρώτα τρίμηνα των ετών 2016-2018



3.8.4 Εξαγωγή συμπερασμάτων

Σύμφωνα με τα ευρύτερα στοιχεία της πρώιμης μελέτης που διεξάγεται, στα πλαίσια της εκπαιδευτικής υλοποίησης της διατριβής, κρίνεται αναγκαία η εξαγωγή συμπερασμάτων, αναφορικά με την βιώσιμη ανάπτυξη περιοχής δοκιμαστικών ελέγχων, πολυεπίπεδης λειτουργικότητας των αυτόνομων πλοίων μεταξύ των Πορθμείων Σαλαμίνας-Περάματος. Η αξιολόγηση των διαθέσιμων στοιχείων, αρχικά έλαβε χώρα με γνώμονα την τήρηση των καιρικών συνθηκών στην εξεταζόμενη περιοχή, με κριτήριο τα καιρικά στοιχεία που υφίστανται στις υπόλοιπες δοκιμαστικές θαλάσσιες περιοχές.

Ουσιαστικά η διαδρομή που εξετάζεται, πληρεί τις καιρικές προϋποθέσεις οι οποίες σύμφωνα με τις υπόλοιπες δοκιμαστικές περιοχές καθορίζονται ως θαλάσσιες περιοχές με προστατευμένα νερά δίχως ισχυρούς κυματισμούς και ρεύματα. Συγκεκριμένα στην προς εξέταση περιοχή ο μέγιστος σχηματισμός κυμάτων ανέρχεται στα 1,2 μέτρα με μέση ισχύς ανέμων τα 3-4 bf, ενώ η μέγιστη ισχύς ανέμων παρουσιάζεται 1-2 φορές το έτος και είναι της τάξεως των 7-8 bf. Επίσης το πέρασμα στο μεγαλύτερο του μέρος, προστατεύεται από τα ισχυρά ρεύματα, μέσω χερσαίων εκτάσεων γεγονός που συμβάλει καθοριστικά στην θετική έκβαση των δοκιμών αυτόνομων πλοίων.

Επιπλέον όσον αφορά τα γεωγραφικά στοιχεία των υφιστάμενων δοκιμαστικών περιοχών, παρατηρείται η μεγάλη διαφορά που υφίσταται μεταξύ αυτών του εξεταζόμενου περάματος. Συγκεκριμένα τόσο το μήκος των 1,2 ν.μ. μεταξύ των δύο πορθμείων όσο και το ελάχιστο πλάτος των 0,3 ν.μ. λειτουργεί ως τροχοπέδη στην δημιουργία μίας δοκιμαστικής περιοχής εξαιτίας της επαρκούς έλλειψης θαλάσσιας έκτασης, καθώς η αντίστοιχη δοκιμαστική περιοχή του Trondheim, ανέρχεται σε μήκος της τάξεως των 70, 19 ν.μ και αντίστοιχα του Jaakonmeri στα 9,64 ν.μ.

Επιπροσθέτως η αξιολόγηση των στοιχείων βυθισμάτων των 3 περιοχών φυσικά, αναδεικνύει την μεγάλη διαφορά μεταξύ των περιοχών, καθώς το φιόρδ του Trondheim διαθέτει μέγιστο βύθισμα 617 μέτρα ενώ η περιοχή που εξετάζουμε έχει επισήμως μέγιστο χαρτογραφημένο βύθισμα 12 μέτρα, ωστόσο δεν επηρεάζει σε κρίσιμο βαθμό θα λέγαμε την υλοποίηση μίας τέτοιας δοκιμαστικής περιοχής, καθώς φορτηγά επιβατηγά-οχηματαγωγά πλοία της γραμμής με υψηλό βύθισμα υπό συνθήκες φόρτωσης, υλοποιούν διαδρομές στο συγκεκριμένο πέρασμα Πέραμα –Σαλαμίνα καθημερινά.



Ωστόσο σημαντικό μειονέκτημα για την εξεταζόμενη περιοχή, αποτελεί το γεγονός ότι δεν υπάρχουν οι κατάλληλες υποδομές, οι οποίες θα αποτελούν αρωγό και σημαντικό συντελεστή υποστήριξης των δοκιμαστικών ελέγχων των αυτόνομων πλοίων, ενώ θετικό στοιχείο αποτελεί, η ύπαρξη ναυτιλιακών και τεχνικών εταιρειών που συνδέονται με τον τομέα της έρευνας και ανάπτυξης τεχνολογιών αυτόνομων πλοίων, σε κοντινή απόσταση από το εξεταζόμενο σημείο, γεγονός που ενισχύει σημαντικά σε πολλά επίπεδα την αρχικοποίηση εργασιών ανάπτυξης, μίας τέτοιας δοκιμαστικής περιοχής.

Τέλος, παράγοντας καθοριστικής σημασίας αποτελεί και η αξιολόγηση του αριθμού θαλάσσιας κυκλοφορίας στις εξεταζόμενες περιοχές, καθώς αποτελεί εξέχουσας σημασίας στοιχείο, για την ασφαλή και αξιόπιστη έκβαση των δοκιμαστικών ελέγχων. Παρατηρώντας τα στοιχεία της Eurostat, προκύπτει λοιπόν πως η τεράστια αυξημένη θαλάσσια κίνηση στο εξεταζόμενο πέρασμα από κάθε είδους πλοία, δημιουργεί ένα τεράστιο εμπόδιο στην υλοποίηση δοκιμαστικών λειτουργικών ελέγχων αυτόνομων πλοίων, σε επίπεδο ασφαλείας και εξασφάλισης αξιοπλοΐας, στην πιλοτική λειτουργία των μη επανδρωμένων πλοίων σε πρώιμο στάδιο.

Το συμπέρασμα που προκύπτει λοιπόν, σύμφωνα με την αξιολόγηση των στοιχείων που αντλήθηκαν κατά το στάδιο της υλοποίησης της διπλωματικής εργασίας, είναι ότι το θαλάσσιο πέρασμα Περάματος-Σαλαμίνας, δεν μπορεί να υλοποιηθεί ως περιοχή δοκιμαστικών ελέγχων αυτόνομων πλοίων, καθώς τόσο η έλλειψη κατάλληλων υποδομών όσο κυρίως και η τεράστια αυξημένη θαλάσσια κυκλοφορία στην συγκεκριμένη περιοχή, λειτουργούν κατασταλτικά στην δημιουργία ενός τέτοιου έργου, μολονότι τα μη επανδρωμένα αυτόνομα πλοία στην πρώιμη δοκιμαστική τους λειτουργία, απαιτούν σχετικά χαμηλή κυκλοφορία παραπλεόντων πλοίων, όπως στο Νορβηγικό φιόρντ του Trondheim, με απώτερο σκοπό την διασφάλιση της ασφάλειας και της αξιόπιστης αξιολόγησης τους, κάτι το οποίο δεν συνάδει με τις υφιστάμενες συνθήκες κυκλοφορίες στην συγκεκριμένη θαλάσσια περιοχή, όπως προκύπτει από τις μαρτυρίες των εργαζομένων στα επιβατηγά πλοία, αλλά και φυσικά από τα πρόσφατα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, όπως παρατίθενται στην εικόνα 24.



Κεφάλαιο 4 Μελλοντική εξέλιξη τεχνολογίας αυτόνομων πλοίων

4.1 Νέα εποχή στην ναυτική τεχνολογία μέσω των πλοίων TechnoMax

Η θαλάσσια τεχνολογία του 2030 θα συνδυάζει τις εξελίξεις από πολλαπλούς επιστημονικούς κλάδους με τρόπους κατάλληλους, που θα είναι ικανοί να μετατρέψουν τον σχεδιασμό, την κατασκευή και την λειτουργία των εμπορικών πλοίων, μέσω της ενσωμάτωσης ανθρώπινου παράγοντα, λογισμικού αλλά και υλικών πόρων, όπως αυτοί διατυπώνονται στην διεθνής έκθεση Global Lights Technology Trends 2030, που δημοσιεύτηκε από τον Βρετανικό Νηογνώμονα Lloyd's Register (LR), και η οποία αποκαλύπτει ουσιαστικά το τεχνολογικό πλοίο του μέλλοντος, μέσω της ιδέας σχεδίασης ενός πλοίου TechnoMax μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων έως το 2030 [121].

Η συγκεκριμένη έκθεση αποτελεί ένα συνεργατικό έργο μεταξύ της Lloyd's Register, της QinetiQ, η οποία αποτελεί μία Βρετανική πολυεθνική εταιρεία αμυντικής τεχνολογίας αλλά και του Πανεπιστημίου του Southampton. Απώτερο σκοπό της έκθεσης, αποτελεί η μετασχηματιστική επίδραση των 18 τεχνολογιών τόσο στον σχεδιασμό πλοίων, όσο στην ναυτική ισχύ αλλά και στην χρήση θαλάσσιων μεταφορών.

Αυτές οι 18 τεχνολογίες είναι η ρομποτική, οι αισθητήρες, οι μεγάλες αναλύσεις δεδομένων, η ενέργεια και η ηλεκτροπρόωση, τα αυτόνομα συστήματα, η προηγμένη παραγωγή, η βιώσιμη παραγωγή ενέργειας, η ναυπηγική βιομηχανία, η εξόρυξη και αποθήκευση του άνθρακα, η διαχείριση της ενέργειας, ο κυβερνοχώρος και ο ηλεκτρονικός πόλεμος, η θαλάσσια βιοτεχνολογία, η αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή, η εξόρυξη των ωκεανών, στις τεχνολογίες όπου βελτιώνουν την ανθρώπινη ικανότητα και παραγωγικότητα αλλά και φυσικά την επικοινωνία[121].

Ωστόσο ο Βρετανικός Νηογνώμονας LR, ανέδειξε την ρομποτική, τα προηγμένα υλικά, τις δορυφορικές επικοινωνίες, τα έξυπνα πλοία, τις αναλύσεις δεδομένων, τους αισθητήρες, την υβριδική πρόωση και την ολοκληρωμένη ναυπηγική βιομηχανία, ως τις πλέον μετασχηματιστικές τεχνολογίες, που διέπουν την ναυτιλιακή βιομηχανία. Οι συγκεκριμένες τεχνολογίες επιλέχθηκαν από μία βάση 56 τεχνολογιών, με κύριο γνώμονα την εμπορική βιωσιμότητά τους, την πιθανή εμπορευσιμότητά τους αλλά και τις μετασχηματιστικές τους επιπτώσεις.



Συγκεκριμένα, η έκθεση εστιάζει σε δύο τεχνολογικές ομάδες, όπου θεωρείτο ότι είναι εκείνες όπου θα μεταμορφώσουν τον σχεδιασμό του πλοίου και θα δημιουργήσουν χώρο, οδηγώντας έτσι προοδευτικά τόσο την ναυπήγηση πλοίων, όσο και την ανάπτυξη, προώθηση και τροφοδοσία έξυπνων πλοίων. Επιπροσθέτως θα υπάρξει εξαιρετικά σημαντική τεχνολογική πρόοδος στον τομέα των τεχνολογιών αναφορικά με θέματα ασφάλειας, στις εμπορικές και επιχειρηματικές επιδόσεις, αλλά και σε τομείς όπως η ρομποτική, η επικοινωνία, τα συστήματα αισθητήρων και τα προηγμένα κατασκευαστικά υλικά πλοίων [121].

Πλέον τα πλοία θα είναι έξυπνα και αυτόνομα, καθώς θα οδηγούνται από την ροή δεδομένων ενώ παράλληλα θα είναι ευέλικτα σε θέματα επιλογών τροφοδοσίας, οι οποίες θα είναι πλήρως συνδεδεμένες στο πλοίο είτε ασύρματα είτε ψηφιακά μέσω παγκόσμιων δορυφόρων. Η υλοποίηση πλοίων TechnoMax απαιτεί πλέον, θεμελιώδεις αλλαγές όσον αφορά τον σχεδιασμό, την κατασκευή, την λειτουργία και την διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού. Αυτό θα έχει ως απόρροια, την δημιουργία τεχνολογικά προηγμένων ναυπηγείων, τα οποία ήδη έχουν παραγγελθεί από τους ιδιοκτήτες πλοίων και θα λειτουργήσουν, με σκοπό την αύξηση της ανταγωνιστικότητας αλλά και την ενίσχυση των διαπιστευτηρίων εταιρικής κοινωνικής ευθύνης [122].

Η κεντρική ιδέα υλοποίησης του πλοίου TechnoMax, περιλαμβάνει έξυπνες τεχνολογίες παρακολούθησης πλοίων και ευρύτερων συνθηκών. Κατά τον σχεδιασμό, υφίσταται ένας τεράστιος αριθμός αισθητήρων, οι οποίοι αποστέλλουν δεδομένα επιδόσεων και συνθηκών, σε μία κεντρική μονάδα επεξεργασίας και μετάδοσης. Επιπλέον η Lloyd's Register αναμένει ότι η συντήρηση, η πλοήγηση και τα συστήματα επικοινωνιών, θα διαχειρίζονται από μια ενσωματωμένη μηχανή υψηλής ανάλυσης δεδομένων, η οποία με την σειρά της θα είναι συνδεδεμένη, με ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων τόσο στο πλοίο όσο και στο κέντρο ελέγχου ξηράς. Σύμφωνα με τον βρετανικό Νηογνώμονα, τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων, θα ενισχύσουν την αποτελεσματικότητα του προγραμματισμού των λειτουργιών. Προβλέπει μάλιστα, ότι οι ασύρματα συνδεδεμένοι ενσωματωμένοι αισθητήρες θα χρησιμοποιηθούν σε όλο το πλοίο, για παροχή δεδομένων καταστάσεων στο κεντρικό σύστημα διανομής και υποστήριξης αποφάσεων [122].



Το γεγονός αυτό, θα υποστηρίξει την παρακολούθηση της δομικής ασφάλειας, της λειτουργικής αποτελεσματικότητας των συστημάτων και την επίδοση των ρυθμίσεων για την διασφάλιση του φορτίου. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο της τεχνολογίας σχεδιασμού του TechnoMax είναι το σύστημα αποφυγής συγκρούσεων και ελιγμών, το οποίο θα υποστηρίζεται από το προηγμένο ραντάρ και τις μελλοντικές εκδόσεις του ecdis, για την επίτευξη υψηλότερων επιπέδων ασφάλειας του πλοίου, αλλά και την βελτίωση της ευελιξίας του. Το συγκεκριμένο σύστημα θα είναι συνδεδεμένο με το πηδάλιο και την έλικα, τα οποία θα σχεδιαστούν με τρόπο που θα επιτρέπει, την βελτιστοποίηση της ισχύος και της ταχύτητας. Επιπλέον θα υφίστανται ενσωματωμένοι αισθητήρες στο πηδάλιο και στα συστήματα πρόωσης, με στόχο την μετάδοση δεδομένων συνθηκών μηχανικής απόδοσης σε πραγματικό χρόνο. Επιπροσθέτως η LR πρόσθεσε την τεχνολογία των αισθητήρων στην αρχιτεκτονική του σχεδιασμού. Η γάστρα του πλοίου θα είναι επικαλυμμένη με "έξυπνη βαφή", η οποία θα μπορούσε να περιλαμβάνει το στοιχείο γραφένιο, υλικό που ελαχιστοποιεί τους ρύπους αλλά και αισθητήρες, για την παρακολούθηση της απόδοσης. Ο Βρετανικός Νηογνώμονας προέβλεψε επίσης, την υιοθέτηση εναλλακτικών καυσίμων για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων του μέλλοντος, όπως είναι η χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου LPG αλλά και βιοκαυσίμων [123].

Η ναυπηγική βιομηχανία το 2030 θα παρουσιάσει υψηλότερα επίπεδα αυτοματισμού, ενσωμάτωση λογισμικού σχεδιασμού υψηλής πιστότητας, επικοινωνία ανθρώπου-συστημάτων, δομές μορφοποίησης και εισαγωγή της τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης. Ωστόσο οι άνωθι πρόοδοι, θα οδηγήσουν σε εξελίξεις στις δομές των πλοίων όπως, ανάπτυξη προσαρμόσιμων μορφών κύτους για την καλύτερη αντιμετώπιση των μεταβαλλόμενων συνθηκών φόρτωσης και ταχύτητας, ενώ θα εξελιχθεί περαιτέρω ο μειωμένος σχεδιασμός έρματος, μετριάζοντας το αντίκτυπο στα θαλάσσια χωροκατακτητικά είδη. Οι βελτιωμένες τεχνικές θα οδηγήσουν σε μείωση του βάρους του πλοίου και σε ελαχιστοποίηση των κατασκευαστικών αποβλήτων. Αυτές οι τεχνικές, θα αρχίσουν να ισχύουν για κινητήρες και για άλλα εξαρτήματα, σύμφωνα με την LR, συμβάλλοντας στην βελτιστοποίηση της ροής καυσίμων, κατά την διάρκεια εργασιών στο πλοίο. Ωστόσο αυτές οι νέες τεχνολογίες και η απαιτούμενη αυξημένη αυτοματοποίηση των ναυπηγείων που τις χρησιμοποιούν, θα απαιτήσουν υψηλή κατάρτιση, αυξημένη τυποποίηση και μία νέα προσέγγιση της εφοδιαστικής αλυσίδας [123].



4.2 Μελλοντική εξέλιξη τεχνολογικών τομέων αυτόνομων πλοίων

Έως το 2030, η επικοινωνία μεταξύ της ναυτιλιακής εταιρείας, του κέντρου ελέγχου ξηράς και του πλοίου, θα λειτουργεί με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει την βελτιστοποίηση τόσο της ταχύτητας διακίνησης του φορτίου όσο και των αναγκών του ιδιοκτήτη του φορτίου. Για την ναυτιλία τα συγκεκριμένα οφέλη αποτελούν ιδιαίτερα καθοριστικό παράγοντα, καθώς ελαχιστοποιούν τον χρόνο αναμονής του πλοίου στον εκάστοτε λιμένα, προσφέρουν υψηλότερα ποσοστά αξιοποίησης και λειτουργικότητας του πλοίου, ενώ συνεισφέρουν καθολικά στην ευρύτερα υψηλότερη αξιοπιστία του αυτόνομου συστήματος. Η μελλοντική τεχνολογική εξέλιξη των τομέων των αυτόνομων συστημάτων έως το 2030, οι οποίοι επρόκειτο να αποτελέσουν αρωγό των παραπάνω πλεονεκτημάτων, παρουσιάζονται αναλυτικά ως έχει [124]:

4.2.1 Τεχνητή Νοημοσύνη

Παρατηρώντας κανείς την τεράστια υφιστάμενη βιομηχανική εξέλιξη, θεωρείτο βέβαιο πως η ανθρώπινη φυλή πλέον εισέρχεται σε μία τέταρτη βιομηχανική εποχή, όπου η τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence-AI), θα αποτελεί ουσιαστικά και την κινητήρια δύναμή της. Το Παγκόσμιο Ινστιτούτο McKinsey, σημειώνει πως η τεχνητή νοημοσύνη συμβάλλει σε έναν μετασχηματισμό των κοινωνικών γεγονότων με ρυθμό 10 φορές ταχύτερα και αντίστοιχα επιδρά 300 η 3.000 φορές της κλίμακας των επιπτώσεων της βιομηχανικής επανάστασης.

Η τρέχουσα δυναμική ανάπτυξης της τεχνητής νοημοσύνης σε τομείς, όπως ο αυτοματισμός πιθανόν θα προκαλέσει έριδες στην κοινωνία και ειδικότερα στον τομέα της ναυτιλίας, όπου εστιαζόμαστε. Ωστόσο η ιστορία έχει δείξει, ότι η εξέλιξη της τεχνολογίας σε ευρύτερο φάσμα, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη και αύξηση των ανθρώπινων ικανοτήτων, αντί να μειώσει την ανάγκη για ανθρώπινη συμμετοχή. Ουσιαστικά η τεχνητή νοημοσύνη προσφέρει μία τεράστια ευκαιρία σε όλους τους τομείς της κοινωνίας, μεταξύ άλλων και στον ναυτιλιακό τομέα, ο οποίος πλέον θα επωφεληθεί σε υψηλό βαθμό, καθώς μέσω των αυτοματοποιημένων διαδικασιών εντός και εκτός πλοίου, αυξάνεται η αξιοπιστία και η αποτελεσματικότητα των θαλάσσιων μεταφορών σε παγκόσμια κλίμακα [124].



4.2.2 Αισθητήρες και Κατανόηση καταστάσεων

Η δυνατότητα που διαθέτουν τα πλοία να λειτουργούν είτε απομακρυσμένα, είτε να τους επιτρέπεται να πλέουν αυτόνομα, βασίζεται και απορρέει από την ικανότητα των αισθητήρων και στην παρακολούθηση μέσω ασύρματης επικοινωνίας. Πλέον μία νέα τεχνολογική γενιά αισθητήρων, θα συλλέγει αυτόνομα τα δεδομένα και στη συνέχεια, θα μεταδίδει αυτές τις πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο στο κέντρο ελέγχου ξηράς και στην εκάστοτε ναυτιλιακή εταιρεία. Έτσι λοιπόν η καταγραφή αυτών των σημαντικών δεδομένων, θα επιτρέπει στους πλοιοκτήτες να βελτιώσουν τους συνολικούς κύκλους συντήρησης των πλοίων, συμπεριλαμβανομένης και της παρακολούθησης της κατάστασης των πλοίων. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες θα μπορούν να ειδοποιούν τους πλοιοκτήτες, όταν ένα μέρος του συστήματος εξοπλισμού απαιτεί συντήρηση, η ακόμα και να προβλεφθεί το χρονικό διάστημα συντήρησης.

Οι αισθητήρες θα συνεχίσουν να αναπτύσσονται. Στο κοντινό μέλλον, θα διαθέτουν την εμβέλεια και την επίλυση που απαιτείται σε θέματα αυτοματοποίησης των βασικών ρόλων των εργασιών στα πλοία, όπως η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και η προβλεπτική συντήρηση των συστημάτων. Η αγορά αισθητήρων μικρού μεγέθους, ώστε να εναρμονίζονται πλήρως στα μικρά πλοία, αυξάνεται ραγδαία. Το γεγονός αυτό θα συνεχίσει να οδηγεί στην βελτίωση της οικονομικά αποδοτικής παρακολούθησης, ενώ φυσικά θα αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό και η ποικιλία διαθέσιμων αισθητήρων. Η χρήση των μη επανδρωμένων συστημάτων θα επεκταθεί, επιτρέποντας την συλλογή περισσότερων στοιχείων για το θαλάσσιο περιβάλλον. Ωστόσο ένα αναδυόμενο και εξίσου ενδιαφέρον ζήτημα είναι η μετατροπή της τεχνολογίας των αισθητήρων στην καινοτόμο τεχνολογία «biosensing», όπου το κεντρικό σύστημα του αισθητήρα ενσωματώνει ένα βιολογικό συστατικό, το οποίο έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει εξαιρετικά ευαίσθητους αισθητήρες, ιδιαίτερα ταχείς και εύχρηστους. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται, ήδη στην γεωργία, σε περιβαλλοντικές εφαρμογές και σε εφαρμογές ασφαλείας.

Στον ναυτιλιακό τομέα, οι βιοαισθητήρες που τοποθετούνται σε ένα μη επανδρωμένο πλοίο, αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του, καθώς προσφέρουν αξιόπιστη παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο [124].



Οι νέοι αισθητήρες πλοήγησης, βασίζονται κυρίως στις κβαντικές τεχνολογίες βελτιώνοντας με αυτόν τον τρόπο την ακρίβεια πλοήγησης. Η νέα τεχνολογία που αναπτύσσεται, εστιάζει σε έναν νέο υπολογιστή σχεδιασμένο από την τεχνολογία αισθητήρων και εμπνευσμένο από την δομή του ανθρώπινου εγκεφάλου, τον λεγόμενο «neuromorphic computing». Αποτελεί ουσιαστικά ένα πρωτοποριακό όραμα ενός αισθητήρα, όπου θα βασίζεται στο ανθρώπινο οπτικό σύστημα και αναπτύσσεται για να παρέχει τεχνητή όραση σε αυτόνομα συστήματα. Συνοπτικά, υπάρχουν και αναπτύσσονται εξαιρετικά καινοτόμα τεχνολογικά συστήματα ανίχνευσης, όπου θα προσφέρουν εξαιρετική συλλογή δεδομένων αλλά και μεγαλύτερη ποικιλία δεδομένων, στα αυτόνομα συστήματα. Ωστόσο αυτές οι συναρπαστικές μέθοδοι ανίχνευσης απαιτούν, ευφυής χρήσεις τεχνικών ολοκλήρωσης αισθητήρων, εξαιρετικά ισχυρή ικανότητα επεξεργασίας δεδομένων αλλά και ευφυή συστήματα, όπου θα είναι σε θέση να μετουσιώνουν με επιτυχία έναν τεράστιο αριθμό αισθητήριων δεδομένων, υπό μορφή ενεργών πληροφοριών [124].

4.2.3 Συνδεσιμότητα

Μεγάλη επίδραση δεδομένων (Big Data Impact)

Στη συνεχιζόμενη πρόοδο της τεχνολογίας των πληροφοριών και των επικοινωνιών, η Βρετανική νηογνώμονας Lloyd's Register διακρίνει την πραγματική επανάσταση των ναυτιλιακών επιχειρήσεων. Οι ενισχυμένες αναλύσεις δεδομένων, που βασίζονται στις βελτιώσεις των αισθητήριων συστημάτων αλλά και των επικοινωνιών, θεωρείτο βέβαιο ότι θα οδηγήσουν σε νέες προσεγγίσεις αναφορικά με την λήψη αποφάσεων, την διαχείριση του στόλου, την παρακολούθηση και επιθεώρηση της κατάστασης του πλοίου. Συνεπώς η βιομηχανία θα λειτουργεί με περισσότερη αξιοπιστία και λειτουργικότητα, ως αποτέλεσμα όλων αυτών των δεδομένων, ενώ θα απαιτηθούν νέες δεξιότητες ώστε να αξιοποιηθεί πλήρως το δυναμικό της ευρύτερης ναυτιλιακής βιομηχανίας.



Αναφορικά με τις δυνατότητες της ρομποτικής τεχνολογίας στην εμπορική ναυτιλία, η μελέτη Global Marine Technology Trends 2030 [124] σημειώνει πως, για το βραχυπρόθεσμο έως μεσοπρόθεσμο μέλλον, τα αυτόνομα ρομπότ θα εφαρμοστούν μόνο σε περιορισμένο φάσμα συγκεκριμένων πεδίων.

Ωστόσο σε πεδία όπου η αυτόνομη ρομποτική δεν αποτελεί μία ρεαλιστική επιλογή στο άμεσο μέλλον, η τηλεχειριζόμενη ρομποτική αποτελεί μία πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση. Παρόλα αυτά, η αυξημένη χρήση ρομποτικής θα δημιουργήσει μία προκλητική προοπτική, καθώς η επακόλουθη μείωση της ανθρώπινης συμμετοχής, σε συνδυασμό με την ενοποίηση των συστημάτων του πλοίου, αναμένεται να έχει θετικό αντίκτυπο σε όρους αποτελεσματικότητας, κόστους και φυσικά ασφάλειας. Ωστόσο επισημαίνονται ορισμένες σημαντικές ανησυχίες που θα προκύψουν με την νέα αυτοματοποιημένη εποχή, σε θέματα ασφάλειας στον κυβερνοχώρο, ακεραιότητας και προστασίας δεδομένων, όπως και περιορισμοί στις υποδομές επικοινωνιών. Επιπροσθέτως υφίστανται εμπόδια που πρέπει να ξεπεραστούν, και αφορούν τον τρόπο με τον οποίο η αυτοματοποίηση αντιμετωπίζεται εντός νομικών και κανονιστικών πλαισίων.

Η ανάπτυξη της καινοτομίας και η εισαγωγή νέων τεχνολογιών είναι τόσο ταχύτατη, γεγονός που δηλώνει πως η πρόβλεψη των τεχνολογιών, που θα μετατρέψουν την εμπορική ναυτιλία σε πλήρως αυτοματοποιημένη, αποτελεί πρόκληση για τον ναυτιλιακό κλάδο. Συνεπώς το μέλλον της τεχνολογίας, εδράζεται στις εξελισσόμενες τεχνολογίες, όπου έως το 2030 θεωρείτο πως θα μετασχηματίσουν την ναυτιλία, σε ένα πλήρως καινοτόμο αυτοματοποιημένο κλάδο.

Μέσα σε αυτές τις εξελισσόμενες τεχνολογίες βρίσκεται και η νέα τεχνολογία επικοινωνιών, η οποία θα παρουσιαστεί ως ευκαιρία για τα ναυτιλιακά συστήματα, καθώς θα είναι ικανή να υποστηρίξει τα αυτόνομα πλοία μέσω της ενσωματωμένης τεχνολογίας IoT (Internet of Things), εφόσον υφίσταται η απαραίτητη ασύρματη συνδεσιμότητα επί του πλοίου. Υπάρχουν ωστόσο διαφορετικές τεχνολογίες συμπεριλαμβανομένων των 60 GHz και Wi-Fi, όπου θα λειτουργούν συνδυαστικά και συμπληρωματικά στην τεχνολογία αναμετάδοσης σε όλο το πλοίο, με την χρήση τμημάτων ενσύρματης σύνδεσης που καλύπτουν ορισμένα τμήματα [124].



Μια βασική τεχνολογία ωστόσο θα είναι η Wireless Mesh Networking (WMN), η οποία αποτελεί το γενικό μέσο αυτόματης δημιουργίας πολλαπλών διαδρομών, μέσω ενός δικτύου βασισμένο στην διαθέσιμη συνδεσιμότητα.

Η τεχνολογία WMN, έχει επίσης ένα σημαντικό ρόλο, αυτού της επικοινωνίας μεταξύ πλοίων, οπότε σε αυτή την περίπτωση τα πλοία κατά την διάρκεια της φορτοεκφόρτωσης, θα μπορούν να αναμεταδίδουν πληροφορίες μεταξύ τους, εκτός της τεχνολογίας ευθείας μετάδοσης πομποδέκτη (LOS), αλλά ως μία εναλλακτική λύση SATCOM.

Η πέμπτη γενιά 5G, αποτελεί την επόμενη γενιά κυψελοειδών επικοινωνιών των κινητών, μετά το Long Term Evolution (LTE) και την τεχνολογία 4G. Η νέα τεχνολογία 5G, θα διαδραματίσει ένα σπουδαίο ρόλο στην ολοκληρωμένη επικοινωνία μεταξύ πλοίου και κέντρο ελέγχου ξηράς. Μελέτες υποδεικνύουν πως με βελτίωση των διαμορφώσεων ισχύος και επιλογή κατάλληλης κεραίας, μπορεί να επιτευχθεί διεύρυνση του εύρους επικοινωνίας άνω των 100 χιλιομέτρων. Επιπλέον υπάρχει επίσης η δυνατότητα τα 5G δίκτυα, να επεκταθούν περαιτέρω, ιδιαίτερα σε πολυσύχναστες θαλάσσιες περιοχές. Η νέα αυτή τεχνολογία, περιλαμβάνει τις λειτουργίες υποστήριξης συνδεσιμότητας IoT, η οποία θα μπορούσε να αποτελέσει και την απαρχή της αρχιτεκτονικής των αυτόνομων πλοίων.

Ωστόσο υπάρχουν πολλές εξελίξεις στην τεχνολογία SATCOM, που θα μπορούσαν να φέρουν επανάσταση στις μεταδόσεις πληροφοριών και επικοινωνίας. Συγκεκριμένα :

- Υψηλό εύρος ζώνης αλλά και χαμηλό κόστος υπηρεσιών, θα προκύψουν από τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας συχνοτήτων Ka (26.5-40 GHz) αλλά και Ku (12-18 GHz). Πλέον οι δορυφόροι υψηλής ισχύος θα αλλάξουν τα απαιτούμενα προφίλ κεραίας και θα διευρυνθεί η τεχνολογία σε περισσότερους τύπους πλοίων.
- Η πρόσβαση σε πολλαπλές ζώνες, θα επιτρέψει στα πλοία την εναλλαγή μεταξύ υψηλής υπολογιστικής ισχύος με χαμηλό κόστος υπηρεσιών, όπως απαιτείται.
- Οι διασυνδέσεις μεταξύ των δορυφορικών επικοινωνιών θα συνεχίσουν να εξελίσσονται, καθώς υπόσχονται χαμηλότερη λανθάνουσα κατάσταση επικοινωνιών, αντί της χρήσης επίγειων σταθμών επικοινωνίας, με πολύ μεγάλες διακυμάνσεις. Με μία ποικιλία μεταξύ μεθόδων συνδεσιμότητας και ροής δεδομένων να συνοδεύουν τα δορυφορικά συστήματα, οι θαλάσσιες εφαρμογές πλέον θα χρησιμοποιούν την τεχνολογία IoT, επιτρέποντας έτσι την ζωντανή παρακολούθηση και την ενημέρωση



καταστάσεων, που αποστέλλονται τόσο στα άλλα πλοία όσο και στο κέντρο ελέγχου ξηράς. Η τεχνολογία μεταφορά δεδομένων μέσω ορατού φωτός (Li-Fi), αποτελεί μία πολλά υποσχόμενη ανάπτυξη για τις υποβρύχιες θαλάσσιες επικοινωνίες. Ωστόσο αν και οι «οπτικές επικοινωνίες», εξακολουθούν να εξετάζονται πειραματικά παρουσιάζουν βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις υποθαλάσσιων επικοινωνιών, όπου οι ρυθμοί μετάδοσης είναι πολύ υψηλότεροι, σε σχέση με τις παραδοσιακές ακουστικές μεθόδους. Τέτοια συστήματα θα μπορούσαν να προσφέρουν αμφίδρομη συνδεσιμότητα σε μη επανδρωμένα συστήματα, εκτελώντας αναρίθμητα καθήκοντα. Ωστόσο ορισμένα πλοία διαθέτουν ήδη εφεδρικά συστήματα PNT (Positioning, Navigation, and Timing), συμπεριλαμβανομένων και συστημάτων πλοήγησης Inertial Navigation Systems (INS) [124].

4.2.4 Κυβερνοασφάλεια

Στο μέλλον οι λύσεις αναφορικά με την προστασία του κυβερνοχώρου, θα απαιτούν προσαρμοστικές αρχιτεκτονικές ασφαλείας, οι οποίες επικεντρώνονται στην ασφάλεια που απαιτείται για την υποστήριξη ευέλικτων ψηφιακών οικοσυστημάτων, την τεχνολογία IoT και λύσεις, βασιζόμενες στην τεχνητή νοημοσύνη. Η ασφάλεια λόγω των υψηλών απαιτήσεων που έχουν τεθεί, απαιτείται να είναι ευέλικτη και προσαρμοσμένη σε κάθε σύστημα.

Ωστόσο καθώς τα πλοία και οι υποδομές γίνονται ευφυή και ανεξάρτητα από τον ανθρώπινο παράγοντα, θα υφίστανται περισσότερες διαδικασίες και καθήκοντα, όπου θα εκτίθενται σε πιθανούς κινδύνους. Συνεπώς δεδομένης της εξαιρετικά συνδεδετικής φύσης των αυτόνομων συστημάτων, αποτελεί καθοριστικής σημασίας η διασφάλιση της πτυχής της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο των ναυτιλιακών πλατφόρμων και υποδομών, μέσω αποτελεσματικών εφαρμόσιμων μέτρων [124].



Counter GNSS Spoofing

Military GNSS is encrypted which offers a level of protection, but civil GNSS systems are primarily unsecure and vulnerable. The lack of a human in the system means that if a cyber-attack is successful, there is no one on-board to visibly see or physically counter any such attack. It may be that civil GNSS on autonomous platforms will require encryption or additional independent navigational capabilities to warn of course deviations.



Communications

As platforms become increasingly controlled off-platform, communications will be the entryway for external cyberthreats. With the launch of the first ever quantum communications satellite by China, that is laying the foundation for a hack-proof global quantum network. This area of communications could have a new leader in the field.



Artificial Intelligence (AI)

The use of AI could have a profound impact on the management and exploitation of information in the maritime domain. AI also has the potential to revolutionise cyber security defensively and offensively, although it remains to be seen how this develops.



Εικόνα 32. Τεχνολογικοί τομείς υποστήριξης και προστασίας της Κυβερνοασφάλειας των αυτόνομων πλοίων

Ουσιαστικά στην εικόνα 32 [124], περιγράφονται οι τομείς εκείνοι, όπου πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία, όπως είναι η τεχνητή νοημοσύνη, τα επικοινωνιακά συστήματα και οι δορυφόροι, καθώς και το Παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης. Η εξέλιξη τέτοιων συστημάτων και η ευρύτερη ανάπτυξη τους, θα δημιουργήσει μελλοντικά ισχυρές δικλείδες προστασίας, με γνώμονα την απρόσκοπτη ασφάλεια των δεδομένων στον Κυβερνοχώρο των αυτόνομων συστημάτων. Συνεπώς αποτελεσματικές πλατφόρμες επικοινωνίας, με ισχυρά επίπεδα κρυπτογράφησης δεδομένων, κατά την μεταφορά και λήψη δεδομένων από το πλοίο στο κέντρο ελέγχου ξηράς, σε συνδυασμό με ένα δυναμικό και αποτελεσματικά αποτρεπτικό έναντι κυβερνοεπιθέσεων, δορυφορικό σύστημα πλοήγησης, θα αποτελέσουν αρωγοί στην αδιάκοπη και πλήρως αποτελεσματική λειτουργία των αυτόνομων πλοίων, δίνοντας με αυτό τον τρόπο πλέον, ισχυρή αξιοπιστία και αποτελεσματικότητα, στην νέα εποχή της αυτόνομης ναυτιλίας.



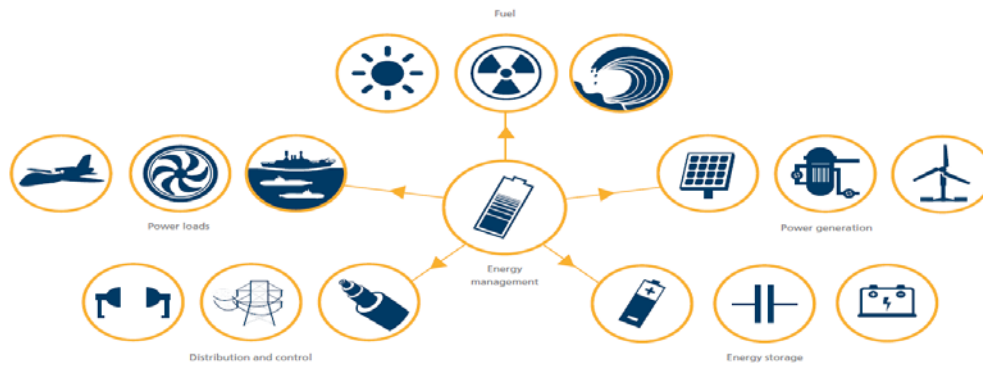
4.2.5 Διαχείριση της ενέργειας και της βιωσιμότητας

Οι δυνατότητες που δημιουργούνται από την βελτίωση της διαχείρισης της ενέργειας (Εικόνα 33 [124]), είναι ποικίλες και εξαρτώνται κατά ένα μεγάλο βαθμό, από την τάση και το υφιστάμενο αλλά και μελλοντικό ενδιαφέρον που υφίσταται στον ναυτιλιακό τομέα, αναφορικά με την εξέλιξη και την καινοτόμο ανάπτυξη των δομών των αυτόνομων συστημάτων.

Τέτοιο παράδειγμα εξέλιξης, θα μπορούσε να είναι η διεξαγωγή ταξιδιών, δίχως τα αυτόνομα πλοία να απαιτούν ανεφοδιασμό σε λιμένα, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο αποτελεσματικά το κόστος λειτουργίας και τον χρόνο περάτωσης του ταξιδιού. Επιπροσθέτως, μικρότερες αυτόνομες πλατφόρμες υψηλής αντοχής, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για ερευνητικούς σκοπούς και επιθεωρήσεις, συμβάλλοντας καθοριστικά στην παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραγόντων η την παροχή βοήθειας σε επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης. Συνεπώς η τάση που θα δημιουργηθεί στο εγγύς μέλλον φαίνεται να είναι, η μη επιστροφή των αυτόνομων πλοίων σε λιμένες για αναπλήρωση βασικών πόρων, παρά μόνο όταν απαιτείται παρέμβαση σε θέματα εκτάκτου ανάγκης. Αντιθέτως θεωρείτο υλοποιήσιμη η προοπτική, δημιουργίας κατάλληλων συστημάτων υλοποίησης αυτοσυντήρησης και επαναφόρτισης των απαιτούμενων πόρων [124].

Μελλοντικά, ώριμες τεχνολογίες όπως οι γεννήτριες πετρελαίου θα εξακολουθήσουν να εξελίσσονται και να βελτιώνονται, ωστόσο θα αναπτυχθούν τεχνολογίες οι οποίες θα φέρουν την επανάσταση στον τομέα της διαχείρισης της ενέργειας και θα αυξήσουν την βιωσιμότητα και την αξιοπιστία στον ναυτιλιακό κλάδο. Συγκεκριμένα στην περίπτωση της ναυτιλίας, έχουν ήδη αναπτυχθεί εναλλακτικές πηγές ενέργειας, όπως τα βιοκαύσιμα, συνεισφέροντας έτσι στην προσπάθεια αντιμετώπισης της βιωσιμότητας και της μείωσης παράλληλα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Επιπλέον ορισμένες εταιρείες εκμεταλλεύονται καινοτόμες λύσεις παραγωγής ισχύος, μέσω της εκμετάλλευσης της κινητικής ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων. Συνεπώς δεδομένων των ευκαιριών που προσφέρονται από τις αυτόνομες και μη επανδρωμένες πλατφόρμες, όσον αφορά τον σχεδιασμό και την αυτοσυντήρησή τους, είναι δύσκολο να προβλεφθούν πλήρως οι επαναστατικές ιδέες διαχείρισης της ενέργειας στο μέλλον [124].



Εικόνα 33. Σχηματική απεικόνιση των πεδίων που απαρτίζουν και εσωκλείονται στον όρο διαχείριση ενέργειας

4.2.6 Αυτόνομο σύστημα φορτοεκφόρτωσης container

Λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες έως το 2030, οι υποδομές των λιμένων κρίνεται αναγκαίο να υποστηρίζουν επαρκώς και αποτελεσματικά την λειτουργία των νέων ευέλικτων αναγκών συντήρησης των αυτόνομων πλοίων. Συγκεκριμένα ορισμένοι λιμένες, έχουν ήδη εισάγει ξεχωριστά τερματικά, με στόχο να επιτρέψουν την αυτόνομη πρόσδεση των μη επανδρωμένων πλοίων και την τήρηση όλων εκείνων των απαιτούμενων επιπέδων λειτουργικότητας.

Συγκεκριμένα η εταιρεία Kalmar, μέλος της Cargotec και η εταιρεία Yara, επισύναψαν συμφωνία με την οποία η Kalmar θα παραδώσει πλήρως αυτόνομο εξοπλισμό, λογισμικό και υπηρεσίες για μία μοναδική λύση ψηφιακής διαχείρισης εμπορευματοκιβωτίων στην εγκατάσταση Porsgrunn στην Νορβηγία, για λογαριασμό της εταιρείας παροχής λιπασμάτων και πλοιοκτήτριας πλέον Yara. Αυτό σημαίνει ότι όλες οι απαραίτητες εργασίες που αφορούν το πρώτο αυτόνομο και ηλεκτρικό πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων Yara Birkeland, θα διεξαχθούν κατά τρόπο πλήρως αυτόνομο και οικονομικά αποδοτικό, με μηδενικές εκπομπές ρύπων. Το αυτόνομο σύστημα της Kalmar, αναμένεται να παραδοθεί κατά το δεύτερο τρίμηνο του 2020. Με αυτό τον εξοπλισμό η εταιρεία Yara, θα αποτελέσει την πρώτη παγκοσμίως πλήρως ψηφιοποιημένη και ηλεκτρική αλυσίδα εφοδιασμού, με όλες τις διεργασίες συμπεριλαμβανομένης της φορτοεκφόρτωσης, να διεξάγονται πλήρως αυτόνομα, δίχως εκπομπή ρύπων στο περιβάλλον [126].



Ουσιαστικά η εταιρεία Kalmar, θα παρέχει την αυτόνομη υπηρεσία φορτοεκφόρτωσης (Εικόνα 34 [126]) για το αυτόνομο πλοίο Yara Birkeland, καθώς και υποστήριξη της μεταφοράς λιπασμάτων από τις μονάδες παραγωγής στους λιμένες. Συγκεκριμένα η λύση που έχει σχεδιάσει η εταιρεία αποτελείται από ένα αυτόματο γερανό τύπου AutoRMG (Automated Rail Mounted Gantry Crane), τρεις παροχές ενέργειας τύπου Kalmar FastCharge (TM) AutoStrads, έναν σταθμό φόρτισης FastCharge αλλά και ολοκληρωμένα συστήματα ασφάλειας και αυτοματισμού. Το σύστημα θα εφαρμοστεί σε φάσεις, ενώ το επίπεδο του αυτοματισμού θα αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Το τελικό προσφερόμενο αποτέλεσμα, θα αποτελεί ένα πλήρως αυτόνομο, μικτής κυκλοφορίας και μηδενικών εκπομπών ρύπων σύστημα βιομηχανικού περιβάλλοντος. Η Kalmar επρόκειτο να υπογράψει συμβόλαιο παροχής υπηρεσιών με την εταιρεία Yara, όπου θα περιλαμβάνει πλήρη συντήρηση με ανταλλακτικά για FastCharge (TM) AutoStrads, αλλά και προληπτική συντήρηση του αυτόνομου γερανού AutoRMG, σε συνδυασμό με λειτουργική υποστήριξη και αυτοματοποιημένες λύσεις σε θέματα λογισμικού, από το τεχνικό τμήμα της εταιρείας [127].



Εικόνα 34. Αυτόνομο σύστημα διαχείρισης εμπορευματοκιβωτίων της εταιρείας Kalmar



4.2.7 Σχεδιασμός πλοίων μέσω προηγμένων υλικών

Αναφορικά με τον σχεδιασμό του πλοίου, η βελτιωμένη σχεδίαση, οι αρθρωτές εγκαταστάσεις των συστημάτων, σε συνδυασμό με την χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, όπου θα εξαλείψει της ζημίες των κινούμενων μερών, που σχετίζονται με την χρήση πετρελαίου η μηχανικών ελαίων, θα προσφέρουν μειωμένες ανάγκες συντήρησης.

Συγκεκριμένα τα πλοία θα συνεχίσουν να χρησιμοποιούν πρώτη ύλη κατασκευής τα μέταλλα, ωστόσο θα αναπτυχθούν προηγμένα υλικά, όπως νανοϋλικά. Στην πραγματικότητα η αλλαγή των χημικών συνθέσεων των κατασκευαστικών υλικών των πλοίων, αλλά και η τοποθέτηση νανοσωματιδίων θα αποτελέσει ουσιαστική καινοτομία με σημαντικά πλεονέκτημα, όπως ισχυρότερες συγκολλήσεις με αντοχή στο φαινόμενο της οξείδωσης, ακόμα και επιδιορθώσεις που θα λαμβάνουν χώρα από τα ίδια τα υλικά αυτοβούλως [128].

Τα προηγμένα υλικά συμπεριλαμβανομένων, των μελλοντικών σύνθετων υλικών, των νανοεμποτισμένων μετάλλων, των νέων κραμάτων αλλά και των ουσιών με βιολογική αυτοπροστασία (αυτο-επιδιορθούμενα υλικά), θα αποτελέσουν ένας από τους κυρίαρχους και βασικούς τομείς προόδου ανάπτυξης της αυτόνομης τεχνολογίας. Τα νέα αυτά υλικά θα προσφέρουν υψηλές αναλογίες αντοχής-βάρους, με στόχο την ορθότερη και αποτελεσματική οικοδόμηση οικονομίας καυσίμου και χωρητικότητας φορτίου. Ωστόσο η εισαγωγή τέτοιων προηγμένων νανοϋλικών θα αποτελέσει πρόκληση, σε όρους κόστους αλλά και κυρίως επιπτώσεων στην υγεία, την ασφάλεια και φυσικά στην ανακύκλωση των πλοίων [128].



4.2.8 Ηλεκτρική πρόωση

Σχετικά με τον τομέα της ισχύς και της πρόωσης, η παραγωγή της ενέργειας θα αλλάξει ταχύτατα σε τεράστιο βαθμό τα επόμενα χρόνια στην ναυτιλία. Θα δημιουργηθούν εναλλακτικά καύσιμα, συσκευές εξοικονόμησης ενέργειας, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αλλά και συστήματα υβριδικής ηλεκτροπαραγωγής, τα οποία θα διαδραματίσουν ένα σπουδαίο ρόλο στην εξέλιξη των αυτόνομων συστημάτων.

Μεταξύ των εξελίξεων που προβλέπονται στην έκθεση GMTT 2030, εμπεριέχονται κινητήρες τύπου διπλού καυσίμου, όπως εκείνοι που λειτουργούν με αποστάγματα και καύσιμα με βάση το αλκοόλ. Τεχνολογίες όπως το common rail, θα επανασχεδιαστούν ώστε να εναρμονιστούν και να προσαρμοστούν σε αυτούς τους νέους τύπους καυσίμων. Ωστόσο η χρήση του αλκοόλ ως καύσιμο, θα απαιτήσει νέες συνθέσεις λιπαντικών ελαίων, με στόχο την αποφυγή σοβαρών βλάβων στα πρωτογενή συστατικά, των μηχανών εσωτερικής καύσεως των αυτόνομων πλοίων [128].

Βέβαια η έκθεση GMTT, αναφέρει ότι μελλοντικά το κύριο πακέτο πρόωσης θα αφορά ακόμα μεγαλύτερους και ισχυρότερους δίχρονους κινητήρες εσωτερικής καύσης, οι οποίοι πλέον θα είναι τεχνολογικά ευφυής, καθώς ο ανεπτυγμένος αυτοματισμός θα επιτρέπει την αυτόνομη παρακολούθηση τρέχουσας κατάστασης βασικών και μη εξαρτημάτων, την παρακολούθηση των ροών θερμότητας των νέων κινητήρων, επαναπροσδιορισμό των παραμέτρων λειτουργίας τους, καθώς και πλήρη έλεγχο της ποιότητας καύσης. Η συνολική απόδοση των μονάδων πρόωσης, θα ενισχυθεί σημαντικά με την χρήση νέων υλικών, όπως το γραφένιο και τα κράματά του στους εναλλάκτες θερμότητας αλλά και στις σωληνώσεις των συμπυκνωτών. Με αυτό τον τρόπο θα βελτιωθεί σε μεγάλο βαθμό, η συνολική θερμική απόδοση των κινητήρων, ενώ παράλληλα θα μειωθούν και τα κόστη συντήρησης [128].



4.2.9 Οικολογική θαλάσσια ηλιακή ενέργεια

Στόχο της ναυσιπλοΐας έως το 2019, αποτελεί η δημιουργία νέων πλοίων που θα χρησιμοποιούν άκαμπτα ηλιακά πάνελ, τα οποία θα εκμεταλλεύονται τόσο την εκπεμπόμενη ενέργεια του ηλίου όσο και του ανέμου ταυτόχρονα, ενώ θα δώσει το έρεισμα σε όλες τις εταιρείες να τροφοδοτήσουν τους στόλους τους, μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μελλοντικά από τα μικρά τεχνητά σκάφη αναψυχής έως τα μεγάλα υπερ-δεξαμενόπλοια, θα τροφοδοτούνται από την απεριόριστη ενέργεια του ανέμου και του ήλιου ακόμα και όταν είναι αγκυροβολημένα, συμβάλλοντας καθοριστικά στην τεράστια μείωση κατανάλωσης καυσίμου, εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, επιβλαβών εκπομπών καυσαερίων προς το περιβάλλον, ενώ θα αυξήσουν αποτελεσματικά το εύρος λειτουργίας των σκαφών ακτοφυλακής, που χρησιμοποιούνται για έρευνα και διάσωση [129],[130].

- Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, με στόχο την χαμηλή εκπομπή ρύπων στην ναυτιλία

Τα πρώτα πανιά ηλιακής ενέργειας στον κόσμο, ονομάζονται EnergySails και θα τεθούν υπό δοκιμή στα τέλη του 2019, ενώ θα επιτρέπουν την ταυτόχρονη εκμετάλλευση της αιολικής αλλά και ηλιακής ενέργειας. Αναπτύχθηκαν από την Ιαπωνική εταιρεία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας Eco Marine Power (EMP), συμβάλλοντας στην υλοποίηση του έργου με όνομα, Aquarius Marine Renewable Energy. Χρησιμοποιώντας μια ποικιλία τεχνολογιών, συμπεριλαμβανομένης της κατοχυρωμένης με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, Aquarius MRE (Marine Renewable Energy), η εταιρεία EMP συνεργάζεται με στρατηγικούς εταίρους όπως ιδιοκτήτες πλοίων, ναυτιλιακές εταιρείες, διαχειριστές πλοίων αλλά και ναυπηγεία, ώστε τα νέα αλλά και υφιστάμενα πλοία να επωφεληθούν των τελευταίων τεχνολογιών, μέσω της αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας [130].



Η τεχνολογία Aquarius MRE αλλά και οι υπόλοιπες τεχνολογίες, θα οδηγήσουν την παγκόσμια ναυτιλία σε ένα πιο πράσινο μέλλον, αλλά κυρίως θα συμβάλλουν στην παγκόσμια μείωση εκπομπών επιβλαβών αερίων από τους παγκόσμιους ναυτιλιακούς στόλους. Οι τεχνολογίες EMP, θα διαδραματίσουν ένα καθοριστικό ρόλο, βοηθώντας τα ναυπηγεία να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις του δείκτη σχεδίασης ενεργειακής απόδοσης (EEDI), αλλά και οι πλοιοκτήτες να συμμορφώνονται με τους κανονισμούς, αναφορικά με την μείωση της ρύπανσης.

Συγκεκριμένα τα θαλάσσια συστήματα ηλιακής ενέργειας μπορούν να εγκατασταθούν σε μεγάλα πλοία, όπως πλοία μεταφοράς φορτηγών-επιβατηγών οχημάτων αλλά και σε δεξαμενόπλοια, σκάφη αναψυχής αλλά και σε μικρότερα πλοία.

Ένα ενσωματωμένο σύστημα θαλάσσιας ηλιακής ενέργειας EMP, περιλαμβάνει ένα αξιόπιστο σύστημα διαχείρισης και παρακολούθησης ηλεκτρονικών, γνωστό ως σύστημα διαχείρισης και αυτοματισμού Aquarius Management & Automation System (MAS), μπαταρία υψηλής απόδοσης, ελεγκτές φορτίου MPPT και ηλιακούς συλλέκτες θαλάσσης. Το συγκεκριμένο ολοκληρωμένο σύστημα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή είτε συνεχούς ρεύματος(DC) είτε εναλλασσόμενου ρεύματος(AC) σε ένα πλοίο η σκάφος [130].

Το Aquarius MAS (Εικόνα 35) [130], είναι ένα οικονομικά αποδοτικό σύστημα διαχείρισης παρακολούθησης απόδοσης και καταγραφής δεδομένων κατάλληλο για ένα ευρύ φάσμα πλοίων. Το σύστημα βασίζεται στον συγκεκριμένο τύπο KEI 3240 Data Logger, όπου χρησιμοποιείται ήδη σε εκατοντάδες πλοία.



Εικόνα 35. Κεντρική μονάδα επεξεργασίας EMP Aquarius MAS CPU/AGU



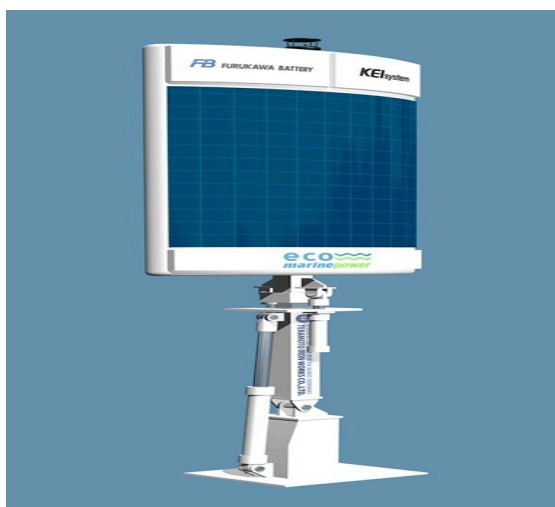
- Άκαμπτα ιστία και υποβοηθούμενη πρόωση, μέσω εκμετάλλευσης ισχύος αέρος

Η τεχνολογία Energy Sail, όπου είναι κατοχυρωμένη με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από την εταιρεία Eco Marine Power (EMP), επιτρέπει στο πλοίο να αξιοποιήσει την ισχύ, μέσω ενός άκαμπτου πανιού ή ενός άκαμπτου πλέγματος. Συνήθως μια συστοιχία Energy Sail ενσωματώνεται στο σύστημα Aquarius MRE, ωστόσο υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης ως αυτόνομης συσκευής [130].

Το σύστημα των ιστίων, μπορεί να περιλαμβάνει θαλάσσια ηλιακά πάνελ ενσωματωμένα στα ιστία είτε σε κοντινή περιοχή από αυτά. Η ευέλικτη φύση σχεδιασμού των ιστίων τα καθιστά ικανά, να επιτρέπουν την αναβάθμιση τους κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής του πλοίου, έτσι ώστε να μπορούν να ενσωματωθούν νέες καινοτόμες διαθέσιμες τεχνολογίες, όπως πιο αποδοτικά ηλιακά πάνελ.

Επιπροσθέτως το σύστημα Energy Sail (Εικόνα 36) [130], μπορεί να δεχθεί τεχνολογίες όπως συστήματα παραγωγής ενέργειας, μέσω εκμετάλλευσης αιολικής ενέργειας. Ωστόσο ήδη αναπτύσσονται διαφορετικές εκδοχές του συγκεκριμένου συστήματος, οι οποίες θα βρίσκονται διαθέσιμες προς εγκατάσταση, σε μη επανδρωμένα και αυτόνομα πλοία.

Οι τεχνολογίες που σχετίζονται με το Energy Sail, είναι επίσης κατάλληλες για έργα υπεράκτιας ανανεώσιμης ενέργειας και χερσαίων έργων ανανεώσιμης ενέργειας.



Εικόνα 36. Σύστημα EnergySail



- Υλοποίηση Aquarius Eco Ship, με στόχο μηδενικές εκπομπές ρύπων

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ενσωματωμένου συστήματος EnergySail στον σύγχρονο σχεδιασμό πλοίων, αποτελεί το Aquarius Eco Ship (Εικόνα 37) [131]. Ουσιαστικά αποτελεί ένα συνεχώς εξελισσόμενο σχέδιο, όπου διαθέτει ένα σύστημα προώθησης χαμηλών εκπομπών, υποβοηθούμενων ιστίων από την ενέργεια του ανέμου, ενώ είναι κατάλληλα σχεδιασμένο, ώστε να είναι ευέλικτο και διαμορφωμένο, με τρόπο που θα επιτρέπει την εφαρμογή του στα περισσότερα μεγέθη και τύπους πλοίων.

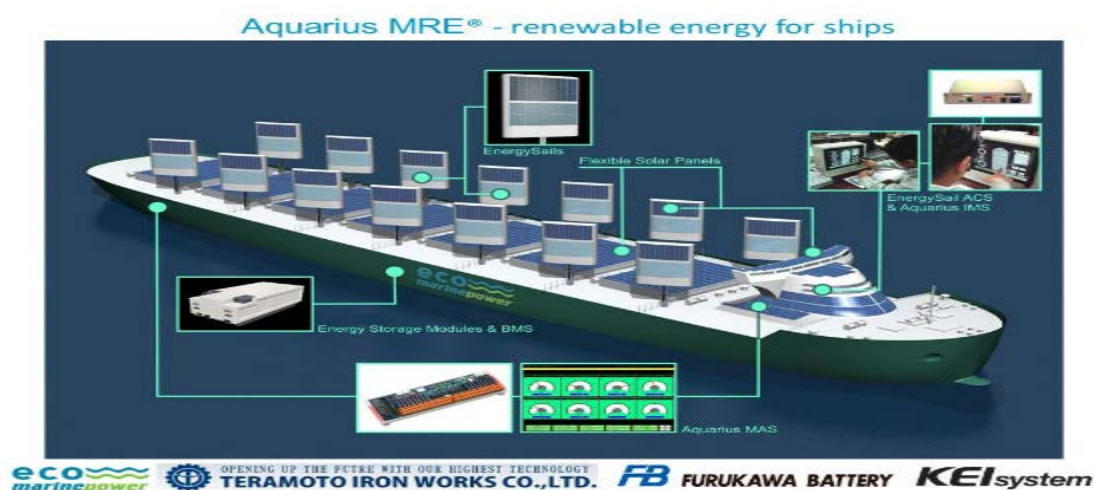
Εκτός από το σύστημα Aquarius MRE, το μελλοντικό πλοίο Aquarius Eco Ship θα είναι εφοδιασμένο με άλλα μέτρα εξοικονόμησης καυσίμων, όπως προηγμένο σύστημα ηλεκτροκίνησης, χαμηλής ισχύος φωτισμός LED, λίπανση μέσω αέρα, βελτιστοποιημένη σχεδίαση σκάφους και τεχνολογίες ανάκτησης θερμότητας. Η τεχνολογία κυψελών καυσίμου θα μπορούσε επίσης να ενσωματωθεί στο σχέδιο [132].

Ο συνδυασμός αυτών των τεχνολογιών αναμένεται, ότι θα οδηγήσει σε εξοικονόμηση καυσίμου της τάξεως του 40% ή και περισσότερο, ενώ επίσης θα μειώσει δραματικά την εκπομπή επιβλαβών αερίων, όπως τα οξείδια του θείου (SO_x) και τα οξείδια του αζώτου (NO_x). Επιπλέον η χρήση ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, θα μειώνει το αντίκτυπο του άνθρακα (CO₂) των πλοίων στο περιβάλλον [132].

Το Aquarius Eco Ship θα μπορούσε να περιλαμβάνει έως και 1 MWp ηλιακής ενέργειας και αρκετά δομοστοιχεία αποθήκευσης ενέργειας, ώστε το πλοίο να μην απαιτεί βοηθητικές γεννήτριες πετρελαίου στο λιμάνι. Οι μονάδες αποθήκευσης ενέργειας θα μπορούν να επαναφορτιστούν μέσω των ηλιακών συλλεκτών, των κύριων γεννητριών των πλοίων ή της ηλεκτρικής ενέργειας από την ξηρά, επιτρέποντας έτσι την απρόσκοπτη λειτουργία του πλοίου. Συγκεκριμένα τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πλοίου αναδεικνύονται στην εικόνα 38 παρακάτω [132].



Συνεπώς τόσο το Aquarius Eco Ship όσο και το σύστημα Aquarius MRE, έχουν σχεδιαστεί, ώστε να λαμβάνουν υπόψη την πραγματική λειτουργία των άκαμπτων πανιών στους ωκεανούς και να περιλαμβάνουν μια σειρά από λογισμικά συστήματα και εξοπλισμό, που συνδέονται άρρηκτα με τα πρωτόκολλα ασφαλείας. Για παράδειγμα τα Rigid Sails, μπορούν να χαμηλώνουν και να αποθηκεύονται όταν δεν χρησιμοποιούνται ή σε εξαιρετικά ακραίες καιρικές συνθήκες. Ωστόσο το αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου θα αναλαμβάνει την κατάλληλη θέση τους, ώστε να αποφευχθεί κάθε πιθανός τραυματισμός του πληρώματος, αλλά και βλάβης τόσο του πλοίου όσο και του ίδιου του εξοπλισμού [132].



Εικόνα 37. Πλοίο Aquarius Eco από την Eco Marine Power

Aquarius Eco Ship - Main Details

Aquarius Eco Ship	Bulk cargo variation	System Type	Aquarius MRE
LOA	240 metres	Breadth	45 metres
Energy Sail Array	14 rigid sails	Solar	Aquarius MAS + Solar
Max Design Speed	16 knots	Eco Speed	12 knots
Propulsion	Hybrid electric (with fuel cells)	Energy Storage	Hybrid VRLA battery modules

Εικόνα 38. Τεχνικά χαρακτηριστικά Aquarius Eco Ship



5. Συμπεράσματα

Η ναυτιλία πλέον βρίσκεται πολύ κοντά σε ένα μεταβατικό στάδιο, αυτό της αυτόνομης ναυτιλίας. Όλες οι τεχνολογίες και τα συστήματα που διέπουν την αυτόνομη τεχνολογία, αναπτύσσονται συνεχώς και εξελίσσονται ραγδαία, γεγονός που υποδηλώνει πως η μετάβαση στην νέα αυτή εποχή για τον κλάδο της ναυτιλίας θα επέλθει άμεσα τα επόμενα έτη.

Τόσο οι τεχνολογικές εταιρείες όσο και οι ναυτιλιακές εταιρείες φαίνεται να υιοθετούν μελλοντικά την αυτόνομη τεχνολογία πλοίων, βλέποντας πως αποτελεί την αιχμή του δόρατος τεχνολογικά και περιβαλλοντικά αλλά κυρίως διότι ο ευρύτερος ναυτιλιακός κλάδος οδεύει προς αυτήν την κατεύθυνση. Ωστόσο η αυτόνομη τεχνολογία σίγουρα γεννά ερωτήματα, αναφορικά με θέματα ασφάλειας τόσο του ανθρώπινου παράγοντα όσο και του πλοίου, ενώ οι σκέψεις αυτές επεκτείνονται και σε εξέχουσας σημασίας κοινωνικά ζητήματα, όπως είναι αδιαμφισβήτητο το κατά πόσο επηρεάζεται η ανθρώπινη εργασία στην εποχή της αυτόνομης ναυτιλίας και κυρίως το οικολογικό αντίκτυπο που θα έχει η λειτουργία τέτοιων πλοίων στο περιβάλλον.

Στην παρούσα μελέτη, επεξηγήθηκαν και αναλύθηκαν ενδελεχώς οι όροι που είναι απαραίτητοι για την κατανόηση της έννοιας του αυτόνομου πλοίου. Επίσης πραγματοποιήθηκε μία εις βάθος ανάλυση και αξιολόγηση των κινδύνων που ελλοχεύουν κατά την λειτουργία ενός αυτόνομου πλοίου. Ιδιαίτερα, η συνεισφορά της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγκειται στα εξής σημεία:

- Εκτενής παρουσίαση του θεωρητικού υπόβαθρου των αυτόνομων πλοίων.
- Καθορισμός πιθανών κινδύνων και τρόποι αντιμετώπισής τους, μέσω παράθεσης κατευθυντήριων οδηγιών, με απώτερο σκοπό την εξασφάλιση της λειτουργικότητας, της κυβερνοασφάλειας αλλά και της αξιοπιστίας των αυτόνομων συστημάτων.
- Παρουσίαση ισχύον νομοθετικού πλαισίου αναφορικά με την αυτόνομη τεχνολογία πλοίων.
- Ανάλυση και αξιολόγηση λειτουργικού κόστους αυτόνομων πλοίων.
- Μελέτη περίπτωσης δημιουργίας περιοχής δοκιμών αυτόνομων πλοίων στον ελλαδικό χώρο.
- Παρουσίαση υφιστάμενης τεχνολογία και πιλοτικών εφαρμογών αλλά και μελλοντική εξέλιξη των συστημάτων που εφαρμόζονται στην αυτόνομη ναυτιλία.



Έχοντας ως γνώμονα συνεπώς την ανάλυση των πιθανών κινδύνων σε σημαντικούς τομείς όπως η ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής και αξιολογώντας τα συστήματα ασφάλειας και πλοήγησης των αυτόνομων πλοίων, αποφαίνεται ότι ένα αυτόνομο μη επανδρωμένο πλοίο εμφανίζει μικρότερο ποσοστό εμφάνισης κινδύνων σε σχέση με ένα συμβατικό πλοίο, γεγονός που το καθιστά ένα ιδιαίτερα ασφαλές και αξιόπιστο, σε θεωρητικό επίπεδο έως τώρα, μέσο μεταφοράς ανθρώπων και αγαθών.

Σε οικονομικό επίπεδο, η αξιολόγηση των στοιχείων λειτουργικού κόστους, αναδεικνύει πως η λειτουργία των αυτόνομων πλοίων θα αποφέρει σημαντική μείωση των εξόδων στις ναυτιλιακές εταιρείες, με την απαραίτητη προϋπόθεση ότι οι εταιρείες θα επενδύσουν σε τεχνολογίες εναλλακτικών βιώσιμων οικολογικών καυσίμων, ενώ κρίσιμο παράγοντα μείωσης κόστους σε ένα αυτόνομο πλοίο, αποτελεί ο συνδυασμός εξοικονόμησης κόστους και πληρώματος. Αναφορικά με το νομικό πλαίσιο, συμπεραίνεται πως το ισχύον νομικό πλαίσιο δεν επαρκεί για την έναρξη λειτουργίας αυτόνομων πλοίων, ενώ κρίνεται απαραίτητο να υλοποιηθούν αλλαγές στις διεθνείς ναυτιλιακές συμβάσεις και κανονισμούς ώστε να υπάρξει βιώσιμο πεδίο εφαρμογής της αυτόνομης ναυτιλίας.

Επιπροσθέτως, η αξιολόγηση που έλαβε χώρα αναφορικά με την περίπτωση του Ελλαδικού χώρου, ως θαλάσσια περιοχή αυτόνομων δοκιμών, έδειξε πως η συγκεκριμένη περιοχή κρίνεται ακατάλληλη για δοκιμές, εξαιτίας σημαντικών παραγόντων όπως η αυξημένη θαλάσσια κίνηση, έλλειψη έκτασης και υποδομών, οι οποίοι λειτουργούν ως τροχοπέδη στην υλοποίηση ενός τέτοιου σημαντικού έργου ανάπτυξης. Τέλος με γνώμονα την υφιστάμενη τεχνολογική επάρκεια των συστημάτων αλλά και πιλοτικών εφαρμογών της αυτόνομης τεχνολογίας, παρατηρείται ότι υπάρχει τεράστια εξέλιξη στον τομέα της αυτόνομης ναυτιλίας και ότι μελλοντικά τα αυτόνομα πλοία θα είναι πλήρως βιώσιμα και αποτελεσματικά στην λειτουργία τους αλλά και στον τομέα της ασφάλειας. Τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η ναυτιλία είναι απαραίτητο και μεγίστης σημασίας τόσο για το περιβάλλον όσο και για τον άνθρωπο, να αποκτήσει έναν οικολογικό χαρακτήρα και να εισέλθει σε μία νέα τεχνολογική εποχή εξέλιξης, όπου θα οδηγήσει την αυτόνομη ναυτιλία τα επόμενα έτη στο απόγειο της.



6. Μελλοντική έρευνα

Η παρούσα βιβλιογραφική έρευνα, θα μπορούσε να αποτελέσει την βάση ώστε μελλοντικά να ερευνηθούν ορισμένα σημαντικά πεδία σε τομείς έρευνας, οι οποίοι θα μπορούσαν να υφίστανται ως εξής:

Αρχικά κατά πόσο τα αυτόνομα συστήματα βελτιώθηκαν, με στόχο την εξάλειψη ανθρώπινων κινδύνων και ρίσκων ως προς το ίδιο το πλοίο. Επίσης εξαιρετικής σημασίας θα ήταν η ενδεδειγμένη διερεύνηση τόσο του οικονομικού αντίκτυπου κατά τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ενός αυτόνομου πλοίου, όσο και η ανάλυση αναφορικά με το μελλοντικά ισχύον νομοθετικό πλαίσιο και ως απόρροια κατά πόσο οι διεθνείς κανονισμοί επιτρέπουν και ενισχύουν την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας.

Επιπλέον εξίσου ενδιαφέρον, θα ήταν η μελέτη και η έρευνα των νέων καινοτόμων συστημάτων που θα δημιουργηθούν αλλά και αυτών που θα αναπτυχθούν περαιτέρω και θα εφαρμόζονται κατά κόρον, στα νεότευκτα αυτόνομα πλοία έως το 2030.

Επιπροσθέτως η εξέλιξη της αυτόνομης οικολογικής ναυτιλίας είναι τόσο αναπτυσσόμενη, όπου η εξέλιξη και η δημιουργία συστημάτων εκμετάλλευσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα αυτόνομα και μη επανδρωμένα πλοία, χρήζει διαρκούς έρευνα καθώς αποτελεί ένα βαρυσήμαντο και ιδιαίτερα κρίσιμο παράγοντα, όπου θα κρίνει μελλοντικά ως ένα ποσοστό, το μέλλον της ναυτιλίας αλλά και του πλανήτη ευρύτερα.

Ένα ακόμα ενδιαφέρον πεδίο έρευνας, αποτελεί το κατά πόσο η αυτόνομη τεχνολογία στο μέλλον, θα αφομοιωθεί από τις δομές τις κοινωνίας αλλά και της ευρύτερης ναυτιλιακής κοινότητας αλλά και σε τι βαθμό ουσιαστικά θα εφαρμοστεί από τις ίδιες τις ναυτιλιακές εταιρείες, κάτι το οποίο θα οδηγούσε σε χρήσιμα συμπεράσματα, σχετικά με τις προθέσεις και τις τάσεις των ναυτιλιακών εταιρειών, να επενδύσουν σε καινοτόμες τεχνολογίες και να θέσουν τις βάσεις για την νέα εποχή, αυτή της αυτόνομης πλέον ναυτιλίας.

Τέλος εξέχουσας σημασίας έρευνα, θα μπορούσε να αποτελέσει και η λεπτομερής ανάλυση του αντίκτυπου της μελλοντικής λειτουργίας των αυτόνομων μη επανδρωμένων πλοίων, τόσο στο θεμελιώδες ζήτημα της ανθρώπινης εργασίας, αλλά και σαφώς σε περιβαλλοντικά ζητήματα.



7. Βιβλιογραφία

- [1] <https://el.wikipedia.org>. (2017, Απριλίου 24). TimesNews. Ανάκτηση από
- [2] Μποζατζίδης Δ., Χ. (2017). Ιστορική εξέλιξη των Ναυτιλιακών Ηλεκτρονικών Οργάνων. ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ.
- [3] Billur, B. (2007). “Gyroscopes” in Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering. John Wiley & Sons, Inc.
- [4] Hofmann-Wellenhof B., H. L. (2008). GNSS Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and More, Springer Verlag.
- [5] Μιχάλης, Γ. (2010). ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ. ΑΘΗΝΑ.
- [6] Jokioinen, E. (2017). Remote and Autonomous Ship - The next steps. Rolls-Royce
- [7] Katsikas, S. (2017). Cyber Security of the Autonomous Ship. Abu Dhabi, United Arab Emirates: CPSS'17.
- [8] ΝΑΥΤΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ. (2018, Απριλίου 5). ΝΑΥΤΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ. Ανάκτηση από <https://www.naftikachronika.gr/2018/04/05/idryetai-i-proti-pagkosmios-etaireia-aftonomon-ploion/>
- [9] Βικιλεξικό,» [Ηλεκτρονικό]. (2017). Βικιλεξικό. Ανάκτηση από <https://el.wiktionary.org/wiki/%CE%B1%E1%BD%90%CF%84%CF%8C%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%BF%CF%82>
- [10] Bureau Veritas. (2017, Δεκέμβριος). BUREAUVERITAS. Ανάκτηση από http://www.bureauveritas.jp/news/pdf/641-NI_2017-12.pdf
- [11] Maritime Unmanned Navigation through Int (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks(MUNIN),European Commission, 2015)elligence in Networks. (2016, Ιούνιος). MUNIN. Ανάκτηση από <http://www.unmanned-ship.org/munin/>
- [12] Porathe, T., Burmeister, H.-C., & Rødseth, Ø. (2013, Απριλίου 17). The MUNIN project-Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks. Ανάκτηση από <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2013/04/COMPIT-2013-presentation-Porathe-et-al-MUNIN.pdf>
- [13] Parasuraman, R., Sheridan, T., & Wickens, C. (2000). *A model for types and levels of human interaction with automation*. IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART A: SYSTEMS AND HUMANS, VOL. 30, NO. 3.



- [14] Βάρελης Αλέξανδρος, Γ. Γ. (2016). *Ηλεκτρονικοί Αυτοματισμοί Πλοίων*. ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ.
- [15] E-Navigation. (n.d.). *It's all about the data*.
- [16] Ahvenjärvi, S. (2016). *The Human Element and Autonomous Ships*. Finland: the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation.
- [17] Bureau Veritas. (2017, Δεκέμβριος). BUREAUVERITAS. Ανάκτηση από http://www.bureauveritas.jp/news/pdf/641-NI_2017-12.pdf
- [18] Maritime Unmanned Navigation through Int (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks(MUNIN),European Commission, 2015)elligence in Networks. (2016, Ιούνιος). MUNIN. Ανάκτηση από <http://www.unmanned-ship.org/munin/>
- [19] DNV. (2011). Rules for classification of Det Norske Veritas Ships Newbuildings Special Equipment and Systems Additional Class Part 6 Chapter 3 Periodically unattended machinery Space.
- [20] Kretschmann, L. (. (2015). MUNIN Deliverable D 9.2: Qualitative assessment.
- [21] Allianz Global Corporate & Specialty. (2015). Safety and Shipping Review 2015.
- [22] European Maritime Safety Agency. (2015). Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2014. Updated January 2015.
- [23] European Maritime Safety Agency. (2010). First semester 2010 SSN report (January - June), Lisbon, 15 September 2010. Ref: C.2.2/ISR/2010.
- [24] Kretschmann, L. (. (2015). MUNIN Deliverable D 9.2: Qualitative assessment.
- [25] Jensen, F. (2015) Hazard and Risk Assessment of Unmanned Dry Bulk Carriers on the High Seas
- [26] European Maritime Safety Agency. (2015). Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2014. Updated January 2015
- [27] European Maritime Safety Agency. (2010). First semester 2010 SSN report (January - June), Lisbon, 15 September 2010. Ref: C.2.2/ISR/2010.
- [28] Allianz Global Corporate & Specialty. (2015). Safety and Shipping Review 2015.
- [29] Porathe T., C. N. (2014). MUNIN Deliverable D 7.4: Organizational lay -out of SOC.
- [30] Andersson, P. I. (2014). Cost-Benefit Analysis of Implementing Dynamic Route Planning at Sea.
- [31] ITF. (2011). Annex 1 to ITF Circular No. 258/S.104/D.87/SS.12/2011 - ITF UNIFORM "TCC" COLLECTIVE AGREEMENT For Crews on Flag of Convenience Ships
- [32] CMI INTERNATIONAL WORKING GROUP POSITION. (2018, Μάιος). CMI Position Paper on Unmanned Ships-Comitemaritime Org. Ανάκτηση από <http://comitemaritime.org/wp-content/uploads/2018/05/CMI-Position-Paper-on-Unmanned-Ships.pdf>
- [33] Kampantais, N. (2016). Seaworthiness in autonomous unmanned cargo ships
- [34] William, T. (n.d.). *International Maritime and Admiralty law*. Editions Yvon Blais2002.
- [35] Mandaraka-Sheppard, A. (2014). *Modern Maritime Law and Risk*. Merchant Shipping Act 1995.



- [36] Schoenbaum, T. J. (n.d.). Admiralty and Maritime Law. 4th edn, Thomson 2004.
- [37] The Greek Code of Private Maritime Law. (n.d.).
- [38] Dutch Civil Code. (n.d.).
- [39] Öhland Sebastian, S. A. (2017). Interaction Between Unmanned Vessels and COLREGS.
- [40] Sjöström, P.-H. (2015). Hot eller möjlighet? Hämtat från Sjöfartstidningen: <http://www.sjofartstidningen.se/hot-eller-mojlighet>.
- [41] Jokoinen, E. P. (2016, Σεπτεμβρίου 21). Remote and Autonomous Ships - The next step. Hämtat från Rolls Royce, AAWA Position Paper. Ανάκτηση από <http://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls->: <http://www.rolls-royce.com>
- [42] DNV-GL: The revolt { a new inspirational ship concept (2015), <https://www.dnvgi.com/technology-innovation/revolt/index.html>
- [43] Rolls-Royce Marine: Rolls-royce drone ships challenge \$375 billion industry: Freight (2014), <http://www.bloomberg.com/news/articles/2014-02-25/rolls-royce-drone-ships-challenge-375-billion-industry-freight>
- [44] Rolls-Royce: Rolls-royce unveils a vision of the future of remote and autonomous shipping. <http://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2016/pr-12-04-2016-rr-unveils-a-vision-of-future-of-remote-and-autonomus-shipping.aspx> (2016), [Online; accessed 13-July-2016
- [45] R_dseth, _J., Kvamstad, B., Porathe, T., Burmeister, H.C.: Communication architecture for an unmanned merchant ship. In: IEEE Oceans, Bergen (2013)
- [46] Rolls-Royce Marine: Rolls-royce unveils a vision of the future of remote and autonomous shipping (2016), <http://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2016/pr-12-04-2016-rr-unveils-a-vision-of-future-of-remote-and-autonomus-shipping.aspx>
- [47] Elkins, L., Sellers, D., Monach, W.R.: The autonomous maritime navigation (amn) project: Field tests, autonomous and cooperative behaviors, data fusion, sensors and vehicles. *J. Field Robotics* 27, 790{818 (2010)
- [48] Wolf, M.T., Assad, C., Kuwata, Y., Howard, A., Aghazarian, H., Zhu, D., Lu, T., Trebl-Ollennu, A., Huntsberger, T.: 360-degree visual detection and target tracking on an autonomous surface vehicle. *J. Field Robotics* 27, 819{830 (2010)
- [49] Huntsberger, T., Aghazarian, H., Howard, A., Trotz, D.C.: Stereo vision-based navigation for autonomous surface vessels. *J. Field Robotics* 28, 3{18 (2011)
- [50] Kuwata, Y., Wolf, M.T., Zarzhitsky, D., Huntsberger, T.L.: Safe maritime autonomous navigation with COLREGS, using velocity obstacles. *IEEE J. Oceanic Engineering* 39, 110{119 (2014)
- [51] COLREGs - convention on the international regulations for preventing collisions at sea, international maritime organization (IMO) (1972)
- [52] Stensvold, T.: Rolls-royce bygger fjernstyringscenter i _Alesund (2017), <https://www.tu.no/artikler/rolls-royce-bygger-fjernstyringscenter-i-alesund/377772>



- [53] of Turku, U.: Aawa - advanced autonomous waterborne applications initiative. <https://www.utu.fi/en/units/law/research/research-projects/Pages/aawa.aspx> (2015), [Online; accessed 13-July-2016]
- [54] Hannu, K.: Rolls-royce and vtt unveil a vision of ship intelligence with futuristic ox bridge concept. <http://www.vttresearch.com/media/news/rolls-royce-and-vtt-unveil-a-vision-of-ship-intelligence-with-futuristic-ox-bridge-concept> (2014), [Online; accessed 13-July-2016]
- [55] World, Y..B.: Finferries 65 metre double ended ferry, the stella will be used to test how crewless ships function in a real environment (2016), http://www.ybw.com/pictures/rolls-royce-crewless-smart-boats-18760/attachment/26248512775_8e66afa2b0_o
- [56] MUNIN Consortium: Research in maritime autonomous systems project results and technology potentials. <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2016/02/MUNIN-final-brochure.pdf> (2016), [Online; accessed 13-July-2016]
- [57] NFAS (2017) “Definitions for Autonomous Merchant Ships: NFAS Norwegian Forum for Autonomous Ships.” White paper
- [58] Shahid Raza, Prasant Misra, Zhitao He, Thiemo Voigt. (2017) “Building the Internet of Things with bluetooth smart.” *Ad Hoc Networks* 57:19–31
- [59] Stefano Marrone, Roberto Nardone. (2015) “Automatic Resource Allocation for High Availability Cloud Services.” *Procedia Computer Science* 53: 980–987
- [60] Hugh Boyes, Bil Hallaq, Joe Cunningham, Tim Watson. (2018) “The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework.” *Computers in Industry* 101: 1–12
- [61] Soujanya Poria, Erik Cambria, Amir Hussain, Guang-Bin Huang. (2015) “Towards an intelligent framework for multimodal affective data analysis.” *Neural Networks* 63:104-116
- [62] Martin Sarnovsky, OrcID, Peter Bednar, Miroslav Smatana. (2018) “Big Data Processing and Analytics Platform Architecture for ProcessIndustry Factories.” *Big Data Cogn. Comput.* 2(1): 1–15
- [63] A. Kamilaris, A. Pitsillides. (2016) “Mobile Phone Computing and the Internet of Things: A Survey.” in *IEEE Internet of Things Journal* 3(6):885–898
- [64] Y. Yang, L. Wu, G. Yin, L. Li , H. Zhao. (2017) “A Survey on Security and Privacy Issues in Internet-of-Things.” in *IEEE Internet of Things Journal* 4(5): 1250–1258
- [65] A. A. Osuwa, E. B. Ekhonoragbon and L. T. Fata. (2017) “Application of artificial intelligence in Internet of Things.” 2017 9th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN): 169–173.
- [66] Feng Liu, Yong Shi, Peijia Li. (2017) “Analysis of the Relation between Artificial Intelligence and the Internet from the Perspective of Brain Science.” *Procedia Computer Science* 122: 377–383
- [67] Åcki, M. (2016) “Intelligent Prediction of Ship Maneuvering.” *International Journal on Maritime Navigation and Safety of sea Transportaion* 10(3): 511–516
- [68] E. Tu, G. Zhang, L. Rachmawati, E. Rajabally, G. B. Huang. (2018) “Exploiting AIS Data for Intelligent Maritime Navigation: A Comprehensive Survey From Data to Methodology.” in *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 19(5): 1559-1582



- [69] Jokoinen, E., Poikonen, J., Hyvönen, M., Koulu, A., Jokela, T., Tissari, J., o.a. (u.d.). Remote and Autonomous Ships - The next step. Hämtat från Rolls Royce, AAWA PositionPaper:<http://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-37Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf> den 21 9 2016
- [70] <http://www.rollsroyce.com/~media/Files/R/RollsRoyce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf>, page 27
- [71] Jokoinen, E., Poikonen, J., Hyvönen, M., Koulu, A., Jokela, T., Tissari, J., o.a. (u.d.). Remote and Autonomous Ships - The next step. Hämtat från Rolls Royce, AAWA Position Paper: <http://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-37Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf> den 21 9 2016
- [72] Bureau Veritas. (2017, Δεκέμβριος). *BUREAUVERITAS*. Ανάκτηση από http://www.bureauveritas.jp/news/pdf/641-NI_2017-12.pdf
- [73] https://marine-offshore.bureauveritas.com/sites/g/files/zypfnx136/files/pdf/NR467_F1_2018-07.pdf
- [74] https://webstore.iec.ch/preview/info_iec61850-90-4%7Bed1.0%7Den.pdf
- [75] [http://www.mar.ist.utl.pt/mventura/Projecto-Navios-I/IMO-Conventions%20\(copies\)/SOLAS.pdf](http://www.mar.ist.utl.pt/mventura/Projecto-Navios-I/IMO-Conventions%20(copies)/SOLAS.pdf)
- [76] https://webstore.iec.ch/preview/info_isoiecieee15288%7Bed1.0%7Den.pdf
- [77] http://profs.etsmtl.ca/claporte/english/enseignement/cmu_sqa/Notes/Normes/IEEE_Std_12207.pdf
- [78] https://www.win.tue.nl/~mvdbrand/courses/sse/1213/iec61508_overview.pdf
- [79] <https://www.sis.se/api/document/preview/912053/>
- [80] <https://www.sis.se/api/document/preview/908913/>
- [81] <https://www.evs.ee/preview/iso-2412-1982-en.pdf>
- [82] [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-\(MSC\)/Documents/MSC.302\(87\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-(MSC)/Documents/MSC.302(87).pdf)
- [83] https://webstore.iec.ch/p-preview/info_iec61162-1%7Bed3.0%7Den.pdf
- [84] [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-\(MSC\)/Documents/MSC.252\(83\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-(MSC)/Documents/MSC.252(83).pdf)
- [85] [http://www.ics.org.ir/Downloads/CLD/News/MSC.1-Circ.1512%20-%20Guideline%20On%20Software%20Quality%20Assurance%20And%20Human-Centred%20Design%20For%20E-Navigation%20\(Secretariat\).pdf](http://www.ics.org.ir/Downloads/CLD/News/MSC.1-Circ.1512%20-%20Guideline%20On%20Software%20Quality%20Assurance%20And%20Human-Centred%20Design%20For%20E-Navigation%20(Secretariat).pdf)
- [86] <https://www.sis.se/api/document/preview/903923/>
- [87] <http://www.lcie.fr/medias/lcie-bureau-veritas-essais-de-produits-cybersecurite.pdf>
- [88] https://marine-offshore.bureauveritas.com/sites/g/files/zypfnx136/files/pdf/NR467_F1_2018-07.pdf
- [89] <https://www.bcs.org/upload/pdf/iso-8000-140416.pdf>
- [90] https://webstore.iec.ch/preview/info_isoiec10181-3%7Bed1.0%7Den.pdf
- [91] https://webstore.iec.ch/preview/info_isoiec15408-1%7Bed3.0%7Den.pdf
- [92] https://www.isaca.de/sites/pf7360fd2c1.dev.team-wd.de/files/isaca_2017_implementation_guideline_isoiec27001_screen.pdf
- [93] [http://www.imo.org/en/OurWork/Security/Guide_to_Maritime_Security/Documents/MSC.1-CIRC.1526%20\(E\).pdf](http://www.imo.org/en/OurWork/Security/Guide_to_Maritime_Security/Documents/MSC.1-CIRC.1526%20(E).pdf)



- [94] <https://www.nist.gov/cyberframework>
- [95] https://www.ssi.gouv.fr/uploads/2014/01/Managing_Cybe_for_ICS_EN.pdf
- [96] https://marine-offshore.bureauveritas.com/sites/g/files/zypfnx136/files/pdf/NR467_F1_2018-07.pdf
- [97] <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf>
- [98] <https://www.techemergence.com/autonomous-ships-timeline/>
- [99] <https://www.dezeen.com/2017/08/01/worlds-first-autonomous-electric-cargo-ship-sets-sail-2018/>
- [100] <http://fortune.com/2017/07/22/first-autonomous-ship-yara-birkeland/>
- [101] <https://www.yara.com/knowledge-grows/game-changer-for-the-environment/>
- [102] <https://www.smartkarma.com/insights/the-yara-birkeland-the-world-s-first-autonomous-ship-kongsberg-s-answer-to-tesla>
- [103] <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0238.nsf/AllWeb/65865972888D25FAC125805E00281D50?OpenDocument>
- [104] <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0238.nsf/AllWeb/0999B2CFDB694B71C125822C00343E88?OpenDocument>
- [105] <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0238.nsf/AllWeb/C436FADB888BFD55C1258192003B8148?OpenDocument>
- [106] <https://asia.nikkei.com/Business/Technology/Japan-aims-to-launch-self-piloting-ships-by-2025>
- [107] <https://worldmaritimeneews.com/archives/221013/japanese-consortium-to-develop-autonomous-ocean-transport-system/>
- [108] <https://www.dnvgl.com/article/unmanned-ships-on-the-horizon-94273>
- [109] <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/4E58BA7A5248D27EC12580F0003A013D?OpenDocument>
- [110] <https://www.supplychaindive.com/news/Kongsberg-Rolls-Royce-autonomouselectric-IMO-future/527287/>
- [111] https://en.wikipedia.org/wiki/Trondheim_Fjord
- [112] <http://astat.autonomous-ship.org/>
- [113] <https://www.sdir.no/en/news/news-from-the-nma/worlds-first-test-area-for-autonomous-ships-opened/>
- [114] <https://www.oneseacosystem.net/test-area/>
- [115] <https://maritime.earth/en/2017/08/14/3143/>
- [116] <https://www.google.com/maps/d/viewer?t=p&oe=UTF8&msa=0&ie=UTF8&mid=1FY9wVTraMzFzV5fEXlqCATYBOTQ&ll=37.95310153955622%2C23.553957793640166&z=14>
- [117] <http://meteosearch.meteo.gr/default.asp>
- [118] <http://meteosearch.meteo.gr/dataHelp.asp>
- [119] <http://www.kathimerini.gr/390920/article/oikonomia/epixeirhseis/prwta8lhtria-sthn-kinsh-epivatwn-h-grammh-perama---paloykia>
- [120] <https://www.statistics.gr/statistics/-/publication/SMA06/->
- [121] <https://worldmaritimeneews.com/archives/171030/lr-commercial-ships-of-2030-will-be-smart-green-and-connected/>
- [122] <https://www.motorship.com/news101/industry-news/fifteen-years-to-technomax-ships>



- [123] https://www.containerst.com/news/view,lr-unveils-technomax-design-concept-for-container-ships_40526.htm
- [124] https://www.kalmarglobal.com/pressroom/press_releases/2018/kalmar-and-yara-to-develop-worlds-first-fully-digitalized-and-zero-emission-cargo-solution-for-yara-birkeland--/
- [125] https://www.kalmarglobal.com/pressroom/press_releases/2018/kalmar-and-yara-to-develop-worlds-first-fully-digitalized-and-zero-emission-cargo-solution-for-yara-birkeland--/
- [126] https://www.kalmarglobal.com/pressroom/press_releases/2018/kalmar-and-yara-to-develop-worlds-first-fully-digitalized-and-zero-emission-cargo-solution-for-yara-birkeland--/
- [127] <https://www.cargotec.com/en/nasdaq/press-release-kalmar/2018/kalmar-and-yara-to-develop-worlds-first-fully-digitalized-and-zero-emission-cargo-solution-for-yara-birkeland--/>
- [128] <https://www.motorship.com/news101/industry-news/fifteen-years-to-technomax-ships>
- [129] <https://futurism.com/new-ship-rigid-solar-sails-harnesses-power-sun-wind-same-time>
- [130] <https://www.ecomarinepower.com/en/products/8-products-services-and-consulting/15-wind-and-solar-marine-power>
- [131] <https://www.ecomarinepower.com/en/aquarius-wind-a-solar-power>
- [132] <https://www.ecomarinepower.com/en/aquarius-eco-ship>