ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ στην ΝΑΥΤΙΛΙΑ

« ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΠΛΟΙΑ:ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΩΝ ΠΡΟΚΛΗΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ »

Πεταρούδη Μαριλένα

Διπλωματική Εργασία
που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος
των απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού Διπλώματος
Ειδίκευσης στην Ναυτιλία

Πειραιάς

Φεβρουάριος 2019

Δήλωση αυθεντικότητας/ ζητήματα Copyright

Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.

Η υπευθύνως δηλούσα

Πεταρούδη Μαριλένα

Τριμελής εξεταστική επιτροπή

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίσθηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Πελαγίδης Θεόδωρος (Επιβλέπων)
- Αρτίκης Αλέξανδρος
- Πολέμης Διονύσιος

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα.

Πρόλογος/ Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αποτέλεσμα εκτενούς αναζήτησης και έρευνας και εκπονήθηκε στα πλαίσια του 16ου Κύκλου Σπουδών και σύμφωνα με τον Κανονισμό του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στη Ναυτιλία του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους τους δικούς μου ανθρώπους οι οποίοι πίστεψαν σε εμένα και με ενθάρρυναν σε κάθε στάδιο των σπουδών μου. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θέλω να εκφράσω προς την οικογένειά μου, τόσο για τη διαχρονική συμπαράσταση αλλά και την υλική στήριξη των επιλογών μου, χωρίς την οποία δεν θα ήταν δυνατή η φοίτησή μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα. Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, για τις πολύτιμες υποδείξεις και τις εύστοχες παρατηρήσεις τους στο σύνολο της εργασίας μου. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή αυτής της έρευνας και μέλος της εξεταστικής επιτροπής, Θεόδωρο Πελαγίδη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας και την βοήθεια που μου παρείχε, αφού οι παρατηρήσεις του ήταν εύστοχες και καίριες με σκοπό την διευκόλυνση της υλοποίησής της.

Πίνακας περιεχομένων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1
1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΠΛΟΙΩΝ 4
1.1 Η πορεία προς το αυτόνομο πλοίο και την ψηφιακή ναυτιλία 4
1.2 Η αυτονομία στον κλάδο των μεταφορών 6
1.3 Η αυτονομία στον ναυτιλιακό κλάδο 9
1.3.1 Τα πρώτα οράματα αυτονομίας στη ναυτιλία 9
1.3.2 Διαφορές μεταξύ συμβατικών, τηλεχειριζόμενων και αυτόνομων πλοίων 10
1.3.3 Τεχνική ανάπτυξη και δοκιμές 13
1.3.3.1 AAWA 13
1.3.3.2 MUNIN 15
1.3.3.3 Revolt 16
1.3.3.4 Yara Birkeland 17
2. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΠΛΟΙΩΝ 18
2.1 Περιγραφή της λειτουργίας των ερευνητικών έργων MUNIN & AAWA 18
2.2 Η αρχιτεκτονική του αυτόνομου πλοίου MUNIN 21
2.2.1 Αυτόνομα Συστήματα Κινητήρα 22
2.2.1.1 Σύστημα αυτόνομου ελέγχου και παρακολούθησης κινητήρων 22
2.2.1.2 Σύστημα βελτιστοποίησης απόδοσης κινητήρα 23
2.2.1.3 Σύστημα συντήρησης 23
2.2.2 Αυτόνομο Σύστημα Γέφυρας 24
2.2.2.1 Αυτόνομο Σύστημα Πλοήγησης 24
2.2.3 Αυτόνομο σύστημα αισθητήρων 26
2.2.4 Αυτόνομο Σύστημα Ελέγχου 27
2.2.5 Κέντρο Ελέγχου στην Ξηρά 27
2.2.5.1 Απομακρυσμένο Σύστημα Ελιγμών 27
2.2.5.2 Συστήματα διεπαφής πλοίου με τη ξηρά 28
2.3 Η αρχιτεκτονική του αυτόνομου πλοίου AAWA 28

3. ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΠΛΟΙΩΝ 31
3.1 Πλεονεκτήματα στην ασφάλεια 31
3.1.1 Εισαγωγή 31
3.1.2 Μεθοδολογία της έρευνας 32
3.1.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων 34
3.1.3.1 Προσάραξη 34
3.1.3.2 Σύγκρουση 35
3.1.3.3 Πυρκαγιά / Έκρηξη 36
3.1.3.4 Πλημμύρα 36
3.1.3.5 Απώλεια σταθερότητας, δομικής ακεραιότητας και πλευστότητας 37
3.1.3.6 Ζημιά στο φορτίο 37
3.1.4 Συμπεράσματα 37
3.2 Οικονομικά πλεονεκτήματα 39
3.2.1 Εισαγωγή 39
3.2.2 Μεθοδολογία της έρευνας 40
3.2.3 Μοντέλο κόστους για το συμβατικά επανδρωμένο πλοίο 41
3.2.3.1 Λειτουργικό κόστος 42
3.2.3.2 Κόστος ταξιδιού 44
3.2.3.3 Κόστος κεφαλαίου 46
3.2.4 Μοντέλο κόστους για το αυτόνομο πλοίο 46
3.2.4.1 Λειτουργικό κόστος 47
3.2.4.2 Κόστος ταξιδιού 48
3.2.4.3 Κόστος κεφαλαίου 49
3.2.5 Μελέτη περιπτώσεων 50
3.2.5.1 Βασικό Σενάριο 50
3.2.5.2 Σενάριο MDO 51
3.2.5.3 Σενάριο MDO & MDO 52
3.2.5.4 Σενάριο μειωμένου πληρώματος 53

3.2.5.5 Βέλτιστο σενάριο 54
3.2.5.6 Σενάριο B0 54
3.2.6 Συμπεράσματα 56
3.3 Περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα 57
3.3.1 Εισαγωγή 57
3.3.2 Η ανάγκη για την εφαρμογή των κανονισμών 58
3.3.3 Τρόποι μείωσης των αέριων εκπομπών 59
3.3.4 Slow steaming 60
3.3.5 Συμπεράσματα 62
3.4 Κοινωνικά πλεονεκτήματα 63
3.4.1 Εισαγωγή 63
3.4.2 Το ναυτικό επάγγελμα σήμερα 64
3.4.3 Το ναυτικό επάγγελμα μετά τη χρήση των αυτόνομων πλοίων 66
3.4.4 Συμπεράσματα 67
4. ΟΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΠΛΟΙΩΝ 68
4.1 Νομικές προκλήσεις 68
4.1.1 Εισαγωγή 68
4.1.2 Ορισμός του πλοίου και του σκάφους 70
4.1.3 Δικαιοδοσία του κράτους σημαίας 71
4.1.4 Δικαιοδοσία λιμενικών και παράκτιων κρατών 73
4.1.5 Η Διεθνής Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα 74
4.1.6 Η Διεθνής Σύμβαση για τα Πρότυπα Εκπαίδευσης, Πιστοποίησης και Τήρησης Φυλακών 76
4.1.7 Οι Διεθνείς Κανονισμοί για την Πρόληψη των Συγκρούσεων στη Θάλασσα 77
4.1.8 Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από τα Πλοία 78
4.1.9 Συμπεράσματα 78
4.2 Προκλήσεις ευθύνης 79
4.2.1 Εισαγωγή 79

4.2.2 Ευθύνη του πλοιάρχου 79
4.2.3 Κανόνες ευθύνης στα πλαίσια των διαφόρων συμβάσεων 80
4.2.4 Ευθύνη έναντι τρίτων 81
4.2.5 Συμπεράσματα 82
4.3 Προκλήσεις για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο 82
4.3.1 Εισαγωγή 82
4.3.2 Απειλές κατά της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο 83
4.3.2.1 Παρεμβολές στο σήμα GPS 84
4.3.2.2 Εισαγωγή ψευδών στοιχείων στο AIS 85
4.3.2.3 Τροποποίηση δεδομένων ηλεκτρονικών χαρτών ECDIS 86
4.3.2.4 Παρεμβολές στα τερματικά VSAT 86
4.3.3 Πολιτικές και διαδικασίες ασφαλείας 87
4.3.4 Συμπεράσματα 88
4.4 Προκλήσεις που αφορούν τον ανθρώπινο παράγοντα 89
4.4.1 Εισαγωγή 89
4.4.2 Η επιρροή του ανθρώπινου παράγοντα στο αυτόνομο πλοίο 90
4.4.3 Συμπεράσματα 92
4.5 Προκλήσεις που αφορούν την κατασκευή του Κέντρου Ελέγχου Ξηράς 93
4.5.1 Εισαγωγή 93
4.5.2 Περιγραφή της λειτουργίας του Κέντρου Ελέγχου Ξηράς 93
4.5.3 «Επίγνωση της κατάστασης» 96
4.5.4 Σχεδιασμός του κέντρου ελέγχου με επίκεντρο τον χειριστή 97
4.5.5 Συμπεράσματα 100
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 101
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 104
Επιστημονικά περιοδικά 104
Διαδικτυακές αναφορές 108

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Τα 10 επίπεδα του αυτοματισμού 7
Πίνακας 2. Αναλυτικά στοιχεία του συμβατικά επανδρωμένου πλοίου 42
Πίνακας 3. Σενάρια της μελλοντικής διακύμανσης των τιμών του πετρελαίου 44
Πίνακας 4. Οι ΚΠΑ του κόστους για ένα συμβατικά επανδρωμένο πλοίο 46
Πίνακας 5. Εκτιμώμενα κέρδη από την εφαρμογή slow steaming σε ένα Dry Bulker 61

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Μοντέλο αυτόνομου πλοίου σύμφωνα με το έργο AAWA 14
Εικόνα 2. Μοντέλο αυτόνομου πλοίου σύμφωνα με το έργο MUNIN 16
Εικόνα 3. Μοντέλο αυτόνομου πλοίου σύμφωνα με το έργο Revolt 16
Εικόνα 4. Μοντέλο αυτόνομου πλοίου σύμφωνα με το έργο Yara Birkeland 17
Εικόνα 5. Οι λειτουργίες του μη επανδρωμένου πλοίου σύμφωνα με το έργο MUNIN 19
Εικόνα 6. Η αρχιτεκτονική των συστημάτων του αυτόνομου πλοίου MUNIN 22
Εικόνα 7. Η αρχιτεκτονική των συστημάτων του αυτόνομου πλοίου AAWA 28
Εικόνα 8. Ο σταθμός ελέγχου ενός χειριστή και ο πίνακας ελέγχου ενός αυτόνομου πλοίου ... 98

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1. Τύποι ατυχημάτων όπως αναλύθηκαν στα πλαίσια της έρευνας 33
Γράφημα 2. Η επιρροή του αυτόνομου πλοίου στην πιθανότητα ατυχήματος 34
Γράφημα 3. Η επιρροή του αυτόνομου πλοίου στις συνέπειες του ατυχήματος 34
Γράφημα 4.Οι πιθανότητες και οι συνέπειες ατυχήματος ενός αυτόνομου πλοίου συγκρινόμενες με ένα συμβατικό πλοίο 34
Γράφημα 5. Απεικόνιση αποτελεσμάτων για το βασικό σενάριο 51
Γράφημα 6. Απεικόνιση αποτελεσμάτων για το σενάριο MDO 52
Γράφημα 7. Απεικόνιση αποτελεσμάτων για το σενάριο MDO&MDO 53
Γράφημα 8. Απεικόνιση αποτελεσμάτων για το σενάριο μειωμένου πληρώματος 53
Γράφημα 9. Απεικόνιση αποτελεσμάτων για το βέλτιστο σενάριο 54
Γράφημα 10. Εκτιμώμενη μελλοντική ζήτηση και προσφορά για το ναυτικό επάγγελμα 63

Περίληψη

Την τελευταία δεκαετία, οι συνεχείς έρευνες για τον σχεδιασμό αυτόνομων εμπορικών πλοίων έχουν αναδείξει ορισμένα θετικά αποτελέσματα, τα οποία καθιστούν πιθανή την εφαρμογή τους στο άμεσο μέλλον. Τα αναμενόμενα οφέλη που σχετίζονται με την λειτουργία των αυτόνομων πλοίων, προέρχονται κυρίως από την απομάκρυνση των πληρωμάτων από αυτά, γεγονός που μπορεί να συμβάλλει θετικά τόσο στη μείωση του λειτουργικού τους κόστους όσο και στην ελαχιστοποίηση των ναυτικών ατυχημάτων. Ο σκεπτικισμός όμως σχετικά με τα μη επανδρωμένα πλοία υπάρχει, και επομένως, απαιτεί τα πλοία αυτά να είναι τουλάχιστον τόσο ασφαλή όσο τα ήδη υπάρχοντα. Ο αυτοματισμός δεν είναι πανάκεια, καθώς έχει την τάση να δημιουργεί νέες ανθρώπινες αδυναμίες και να ενισχύει ορισμένες από τις ήδη υπάρχουσες. Η παρούσα εργασία, έπειτα από μια συνοπτική αναφορά στον τρόπο λειτουργίας των αυτόνομων πλοίων, πραγματεύεται τα ευρήματα ορισμένων επιστημονικών μελετών, εξετάζοντας τα οικονομικά, τα περιβαλλοντικά και τα κοινωνικά οφέλη, αλλά και τις σχετικές επιχειρησιακές, κανονιστικές και ποιοτικές προκλήσεις που προκύπτουν λόγω της ανάπτυξης τέτοιων πλοίων στο εγγύς μέλλον.

Λέξεις Κλειδιά: αυτόνομα πλοία, μη επανδρωμένα πλοία, πλεονεκτήματα, προκλήσεις, ναυτιλιακή βιομηχανία

Abstract

Over the last decade, continuous research in the design of autonomous merchant vessels has revealed some positive results, which make it possible for them to be implemented in the near future. The expected benefits associated with the operation of the autonomous vessels are mainly the removal of crews from them, which can contribute positively both to reducing their operating costs and minimizing marine casualties. However, skepticism about unmanned ships exists, and therefore requires such ships to be at least as safe as those already in place. Automation is not a panacea, as it tends to create new human weaknesses and to strengthen some of the existing ones. The present paper, after a brief reference to the operation of autonomous vessels, deals with the findings of some scientific studies, examining the economic, environmental and social benefits, as well as the relevant operational, regulatory and quality challenges arising from the development of such ships in the near future.

Keywords: autonomous vessels, unmanned ship, challenges, advantages, maritime industry

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη ναυτιλιακή βιομηχανία, ένας συνεχώς αυξανόμενος αριθμός ερευνητικών έργων καταβάλλει προσπάθειες ανάπτυξης τεχνολογικών λύσεων, οι οποίες στοχεύουν στην ενίσχυση της ασφάλειας των θαλάσσιων μεταφορών και την βελτιστοποίηση της σχέσης κόστους-αποδοτικότητας για τους πλοιοκτήτες. Σύμφωνα με τους ισχυρισμούς των συγκεκριμένων ερευνητικών έργων, η λύση για την επίτευξη των ανωτέρω στόχων δεν είναι άλλη από την χρήση της αυτονομίας σε όλα τα συστήματα και τις διαδικασίες ενός πλοίου, δημιουργώντας ουσιαστικά ένα αυτόνομο πλοίο.

Σύμφωνα με την Allianz Global Corporate & Specialty, το 75% έως και το 96% όλων των ατυχημάτων στον κλάδο της ναυτιλίας, μπορεί να αποδοθεί σε ανθρώπινο λάθος. (Allianz Global Corporate, 2017) Στις θαλάσσιες μεταφορές, ο αριθμός των θανόντων στα ατυχήματα είναι χαμηλός και συνεχώς μειούμενος σε σύγκριση με άλλους τύπους μεταφορών. Παρ 'όλα αυτά, σχεδόν 4.500 ναυτικοί και επιβάτες παγκοσμίως, έχασαν τις ζωές τους μεταξύ των ετών 2006 και 2010. (IMO, 2012) Η αυτονομία έχει την δυνατότητα να μειώσει το ανθρώπινο λάθος και κατ' επέκταση να μειωθεί το άμεσο αλλά και το έμμεσο κόστος που σχετίζεται με τα ατυχήματα που οφείλονται σε αυτό.

Παράλληλα, εκτός από τη μείωση των ατυχημάτων στη ναυτιλιακή βιομηχανία, η εισαγωγή ενός αυτόνομου πλοίου μπορεί να μειώσει το λειτουργικό κόστος μέσω της εξοικονόμησης των μισθών του πληρώματος και οποιαδήποτε έξοδα καταβάλλονται σχετικά με αυτό. Η γενικότερη μείωση στο κόστος μεταφοράς θα μπορούσε να δημιουργήσει νέες δυνατότητες για προϊόντα με σχετικά χαμηλά περιθώρια κέρδους (ενδεχομένως είδη ένδυσης, ορισμένα είδη τροφίμων κλπ.) τα οποία θα μπορούσαν να εισέλθουν σε απομακρυσμένες αγορές και να γίνουν κερδοφόρα.

Επιπρόσθετα, μόλις εξαλειφθεί η ανάγκη της ύπαρξης πληρώματος επί του πλοίου, ολόκληρο το πλοίο μπορεί να ξανασχεδιαστεί, με σκοπό να βελτιωθεί η αποδοτικότητά του. Για παράδειγμα, τα συστήματα που χρειάζονταν κάποτε για να καταστήσουν το πλοίο βιώσιμο για το πλήρωμα μπορούν να αφαιρεθούν εντελώς, απλουστεύοντας το σχέδιο. Η Rolls-Royce εκτιμά ότι ο βελτιωμένος σχεδιασμός των μη επανδρωμένων πλοίων θα οδηγήσει σε 20% μείωση του κόστους των καυσίμων. (AAWA, 2016)

Το βασικό κίνητρο λοιπόν, για την δημιουργία ενός αυτόνομου, μη επανδρωμένου πλοίου είναι να συμβάλλει στην ανάπτυξη μιας βιώσιμης βιομηχανίας θαλάσσιων μεταφορών καθώς όπως φαίνεται θα αποτελέσει το μέσο για την επίλυση των τριών μεγάλων προκλήσεων

της. Πρώτον, θα συμβάλλει στην επίτευξη οικονομικής βιωσιμότητας διατηρώντας χαμηλά τα λειτουργικά κόστη, μέσω της εξάλειψης του κόστους του πληρώματος, και διευκολύνοντας παράλληλα τις διεθνείς εμπορικές συναλλαγές. Δεύτερον, θα συμβάλλει στην επίτευξη οικολογικής βιωσιμότητας χρησιμοποιώντας καινοτόμους τρόπους μείωσης της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου. Και τρίτον, θα συμβάλλει στην επίτευξη κοινωνικής βιωσιμότητας, αυξάνοντας την ασφάλεια, μέσω της μετακίνησης των καθηκόντων του πληρώματος σε αυτοματοποιημένες διαδικασίες, δημιουργώντας ταυτόχρονα θέσεις απασχόλησης στην ξηρά.

Ωστόσο, η λειτουργία αυτόνομων πλοίων δημιουργεί ερωτήματα και προκαλεί μεγάλη ανησυχία τόσο στη ναυτιλιακή κοινότητα όσο και στο ευρύ κοινό. Επί του παρόντος, υπάρχουν ερωτήματα σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο θα συμπεριληφθούν τα αυτόνομα εμπορικά πλοία στο διεθνές πλαίσιο κανονισμών για τις θάλασσες, τον φορέα της ευθύνης για τα ενδεχόμενα ατυχήματα, τους κινδύνους από τις επιθέσεις στον κυβερνοχώρο, την μείωση των θέσεων εργασίας στον κλάδο κ.α.

Η σκοπιμότητα λοιπόν της παρούσας εργασίας, είναι να γίνει κατανοητό πού βρίσκεται η σημερινή αυτόνομη ναυτιλία, που είναι πιθανό να φτάσει τα επόμενα χρόνια και τι επιπτώσεις θα έχει. Πιο συγκεκριμένα, θα εξεταστούν αναλυτικά τα τρία παρακάτω ερωτήματα: Πώς σχεδιάζει η ναυτιλιακή βιομηχανία να αναπτύξει αυτά τα νέα αυτόνομα πλοία; Ποια είναι η αξία που μπορεί να προσφέρει η μη επανδρωμένη ναυτιλία ώστε να αξίζει την επένδυση και την ολοκληρωτική αλλαγή της βιομηχανίας; Ποιες είναι οι προκλήσεις που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν, προτού τα αυτόνομα πλοία γίνουν πραγματικότητα;

Προκειμένου να απαντηθούν τα παραπάνω ερωτήματα, μελετήθηκε πλήθος άρθρων από αξιόπιστα επιστημονικά περιοδικά, αποτελέσματα στατιστικών ερευνών που είναι δημοσιευμένα στο Διαδίκτυο καθώς και αρκετοί κανονισμοί της ναυτιλιακής νομοθεσίας. Η παρούσα εργασία, είναι αποτέλεσμα της μελέτης αυτής.

Το πρώτο κεφάλαιο της εργασίας, αποτελεί μια εισαγωγική αναφορά στην έννοια της αυτονομίας και την μέχρι τώρα εφαρμογή της στον κλάδο των μεταφορών αλλά και τον ναυτιλιακό κλάδο. Έπειτα, περιγράφονται αναλυτικά και ορίζονται οι διαφορετικοί τύποι αυτόνομων πλοίων και ακολουθεί μια συνοπτική ανάλυση με τα σημαντικότερα εγχειρήματα κατασκευής αυτόνομων πλοίων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να αναφερθεί ότι, στην συνέχεια της παρούσας εργασίας ο όρος αυτόνομο και μη επανδρωμένο πλοίο θα χρησιμοποιούνται εναλλακτικά, αναφερόμενοι τόσο στον τρίτο όσο και στον τέταρτο βαθμό αυτονομίας των εμπορικών πλοίων, όπως αυτοί ορίστηκαν από τον IMO.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας των επιμέρους συστημάτων ενός αυτόνομου πλοίου όπως παρουσιάστηκε από τις ερευνητικές μελέτες MUNIN και

AAWA. Είναι σημαντικό να τονιστεί, ότι η παρούσα ακαδημαϊκή μελέτη δεν θα αναλύσει σε βάθος τις τεχνικές λεπτομέρειες των ανωτέρω ερευνών, καθώς ο σκοπός είναι να δοθεί ένα περίγραμμα αρκετό για να κατανοήσει ο οποιοσδήποτε τον τρόπο λειτουργίας τους.

Το τρίτο κεφάλαιο, επικεντρώνεται στα πλεονεκτήματα της αναπτυχθείσας ιδέας του αυτόνομου πλοίου. Εξετάζεται η οικονομική σκοπιμότητα ενός αυτόνομου πλοίου από μια μικροοικονομική σκοπιά, τα περιβαλλοντικά οφέλη, τα πλεονεκτήματα στην ασφάλεια των θαλάσσιων μεταφορών αλλά και τα κοινωνικά οφέλη.

Σε αντίθεση με τα πλεονεκτήματα που περιγράφονται στο τρίτο κεφάλαιο, στο τέταρτο κεφάλαιο διεξάγεται μια επισκόπηση των προκλήσεων που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν, προτού τα αυτόνομα πλοία γίνουν πραγματικότητα. Αρχικά, πραγματοποιείται μια νομική ανάλυση όπου στόχος είναι να καθοριστεί ποιοι κανόνες ή τομείς δικαίου θα χρειαστούν αλλαγή για να επιτρέψουν σε ένα μη επανδρωμένο πλοίο να ενταχθεί πλήρως στο σύγχρονο νομικό σύστημα. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στον τρόπο με τον οποίο πιθανώς θα καθοριστούν οι φορείς ευθύνης και αναλύονται οι προκλήσεις που σχετίζονται με την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, τους ανθρώπινους παράγοντες και την κατασκευή ενός κέντρου ελέγχου στην ξηρά.

Τέλος, εξάγονται ορισμένα συμπεράσματα, περιγράφονται διάφοροι προβληματισμοί που προέκυψαν κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και προτείνονται πεδία για περαιτέρω επιστημονική ανάλυση.

1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

1.1 Η πορεία προς το αυτόνομο πλοίο και την ψηφιακή ναυτιλία

Σε όλο το εύρος της ανθρώπινης ιστορίας, κάθε εργασία που πραγματοποιείται από τον άνθρωπο, τείνει να αντικαθίσταται από τεχνολογικά επιτεύγματα. Τα μεγαλύτερα επιτεύγματα που γνώρισε η ανθρωπότητα και άλλαξαν τον ρου της παγκόσμιας ιστορίας, είναι σήμερα γνωστά ως βιομηχανικές-τεχνολογικές επαναστάσεις. Ο συγκεκριμένος όρος, αναφέρεται στις ευρύτερες αλλαγές που συμβαίνουν στην τεχνολογία και στην οργάνωση της βιομηχανικής παραγωγής, προκαλώντας μεταβολές στις εργασιακές συνθήκες, τις συνθήκες διαβίωσης και τον οικονομικό πλούτο μιας κοινωνίας. (Dombrowski, 2014)

Η Πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση, ξεκίνησε στην Αγγλία στα μέσα του 18ου αιώνα, με την εφεύρεση της πρώτης σημαντικής τεχνολογίας, της ατμομηχανής, η οποία μεταμόρφωσε το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας από γεωργική σε βιομηχανική. Στο τέλος του 19ου αιώνα, και ενώ οι τεχνολογικές εξελίξεις είχαν επηρεάσει ήδη τις περισσότερες χώρες, ακολούθησε η Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση με την ευρεία χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και την αύξηση της παραγωγής σιδήρου και χάλυβα παγκοσμίως. Επιπλέον την περίοδο αυτή, οι έννοιες της μαζικής παραγωγής και της γραμμής συναρμολόγησης εισήχθησαν για πρώτη φορά ως τρόποι αύξησης της παραγωγικότητας συμβάλλοντας στην υψηλότερη ποιότητα ζωής. Η εφεύρεση του μικροτσίπ το 1971 θεωρείται ως σημείο εκκίνησης της Τρίτης Βιομηχανικής Επανάστασης. Μέσω της τεχνολογίας του υπολογιστή, η παραγωγή έγινε αυτοματοποιημένη, αυξήθηκε περαιτέρω η παραγωγικότητα και μειώθηκε ακόμη περισσότερο το κόστος εργασίας.

Το όραμα της επικείμενης, Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης (Industry 4.0), βασίζεται στα θεμέλια της προηγούμενης ψηφιακής επανάστασης, αλλά έχει τρία βασικά χαρακτηριστικά που τη διαφοροποιούν από την προηγούμενη. Την τεράστια ποσότητα δεδομένων (Big Data), την υπολογιστική δύναμη των σύγχρονων υπολογιστών και την τεχνητή νοημοσύνη.

Η τεχνητή νοημοσύνη είναι αναμφισβήτητα το κυριότερο χαρακτηριστικό της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης. Κύριος στόχος της έρευνας και ανάπτυξης σε θέματα τεχνητής νοημοσύνης είναι η αυτοματοποίηση των ευφυών συμπεριφορών, μεταξύ άλλων της ικανότητας κριτικής σκέψης, της συλλογής πληροφοριών, του σχεδιασμού, της μάθησης, της επικοινωνίας, του χειρισμού και της αντίληψης.

Στο εργοστασιακό σύστημα, η βιομηχανία 4.0, συνδυάζει την έξυπνη ψηφιακή τεχνολογία, τη μηχανική μάθηση και τα μεγάλα δεδομένα για να δημιουργήσει ένα ολιστικά συνδεδεμένο δίκτυο, με σκοπό την καλύτερη διαχείριση της παραγωγής και της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στο δίκτυο αυτό, οι άνθρωποι και τα ρομπότ μπορούν να είναι συμπληρωματικά, αξιοποιώντας το πλεονέκτημα του ιδιαίτερου δυναμικού τους. Το βασικό στοιχείο για την επίτευξή του, είναι η τεχνολογία των έξυπνων συστημάτων CPS(cyber physical systems), η οποία είναι ικανή να δημιουργήσει μια λειτουργικά ολοκληρωμένη σχέση μεταξύ του φυσικού κόσμου και της ψηφιακής πραγματικότητας. (Dombrowski, 2014) Ενώ κάθε εταιρεία που λειτουργεί σήμερα είναι διαφορετική, όλες αντιμετωπίζουν μια κοινή πρόκληση: την ανάγκη για σύνδεση και πρόσβαση σε πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, που αφορούν διάφορες διαδικασίες, συνεργάτες, προϊόντα και ανθρώπους.

Η λεγόμενη Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση, που ήδη επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την καθημερινότητα των ανθρώπων στη στεριά, κάνει τα πρώτα, αλλά δυναμικά βήματα και στη ναυτιλία. Οι αναδυόμενες τεχνολογίες, όπως είναι το Internet of Things (IoT), τα Big Data, το Cloud Computing και η ρομποτική έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο τα πλοία θα σχεδιάζονται, θα κατασκευάζονται και θα λειτουργούν στο μέλλον. Για παράδειγμα, οι αυτοματοποιημένες προσομοιώσεις θα χρησιμοποιούνται για να αντικατοπτρίζουν τον φυσικό κόσμο σε ένα εικονικό μοντέλο, όπως χρησιμοποιείται ήδη στις περισσότερες διαδικασίες σχεδιασμού, βοηθώντας στον έξυπνο σχεδιασμό ενός πλοίου. Το Internet of Things θα χρησιμοποιείται για τη σύνδεση οποιονδήποτε αντικειμένων του φυσικού κόσμου που έχουν μια εικονική αναπαράσταση στο Διαδίκτυο, επιτρέποντας σε αυτά να επικοινωνούν και να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. (Dombrowski, 2014) Το Cloud Computing και το Big Data Analytics, θα χρησιμοποιούνται προκειμένου να ληφθούν αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο, μέσω της συλλογής και αξιολόγησης δεδομένων από διάφορες πηγές εντός και εκτός της επιχείρησης, όπως απαιτείται κατά τον σχεδιασμό ενός ταξιδιού και την βελτιστοποίηση της διαδρομής. (Saldivar et al., 2017)

Για τον ναυτιλιακό κλάδο επομένως, οι τεχνολογικές καινοτομίες σχετίζονται έντονα με την ψηφιοποίηση των δεδομένων που αφορούν το πλοίο, τις λειτουργίες του και τα γραφεία της ναυτιλιακής επιχείρησης στην στεριά, με σκοπό την δημιουργία αξίας μέσω της επεξεργασίας αυτών. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, η βασική ιδέα της ναυτιλιακής βιομηχανίας 4.0 (marine 4.0) είναι να συνδυάσει το σύνολο όλων αυτών των τεχνολογιών και να τους επιτρέψει να συνεργαστούν μεταξύ τους. (Lambrou, 2017) Τα πλοία, τα λιμάνια, τα φορτία και οι ναυτιλιακές εταιρείες χάρη στην ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των

πληροφοριών και επικοινωνιών (ITC) θα συνδέονται μέσω του διαδικτύου, έτσι ώστε οι διαδικασίες να ελέγχονται και να οργανώνονται αποτελεσματικά σε πραγματικό χρόνο.

Η αυξημένη συνδεσιμότητα, η ψηφιοποίηση των δεδομένων και η αυτοματοποίηση των διαδικασιών, μέσω προηγμένων αισθητήρων και έξυπνων συστημάτων, δημιουργούν πρόσφορο έδαφος για τη δημιουργία του λεγόμενου έξυπνου πλοίου (smart ship). Η ιδέα των έξυπνων πλοίων καλύπτει ένα ευρύ φάσμα δυνατοτήτων από την προγνωστική συντήρηση, τη βελτιστοποίηση της απόδοσης, τα εργαλεία υποστήριξης λήψης αποφάσεων, την αυξημένη αυτοματοποίηση και τη ρομποτική έως την πλέον πολυσυζητημένη στους ναυτιλιακούς κύκλους, μη επανδρωμένη λειτουργία του πλοίου. (Lambrou, 2017)

Το βασικό κίνητρο για την δημιουργία μη επανδρωμένων πλοίων, που είναι και το πρώτο σημαντικό βήμα στην πορεία προς την κατασκευή ενός έξυπνου πλοίου, πέρα από την μείωση του λειτουργικού κόστους, είναι η αύξηση της συνολικής αποδοτικότητας και της ασφάλειας στη ναυτιλία. Καθώς τα μη επανδρωμένα πλοία, μπορούν να λειτουργούν είτε με απομακρυσμένο έλεγχο και τηλεχειρισμό από την στεριά είτε τελείως αυτόνομα, είναι θέμα χρόνου όπως φαίνεται, σύμφωνα με τους ειδικούς επί ναυτιλιακών θεμάτων, η δημιουργία ενός πλήρως αυτόνομου πλοίου. Ήδη έχουν ναυπηγηθεί πλοία τα οποία λειτουργούν με τηλεχειρισμό και βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο. Για παράδειγμα, τον Αύγουστο του 2018 η Wartsila πιλόταρε με επιτυχία επί ώρες ένα πλοίο της στη Βόρεια Θάλασσα με τηλεχειρισμό από τις εγκαταστάσεις της στο Σαν Ντιέγκο της Καλιφόρνιας, 8.000 χιλιόμετρα μακριά.

Φυσικά, το όραμα των μεγάλων συντελεστών στη βιομηχανία των αυτόνομων πλοίων, όπως είναι η Rolls-Royce, δεν είναι απλώς η κατασκευή ενός μη επανδρωμένου πλοίου που θα ελέγχεται από την στεριά, αλλά η κατασκευή ενός πλήρως αυτόνομου πλοίου το οποίο θα πραγματοποιεί υπερατλαντικό ταξίδι. (AAWA, 2016) Για την εκπλήρωση αυτού του σκοπού όπως είναι εύκολα αντιληπτό, θα πρέπει να υπάρξουν ενδιάμεσα πειραματικά στάδια με τοπική και παράκτια λειτουργία τηλεχειριζόμενων σκαφών. Αναμένεται ότι, ξεκινώντας τη λειτουργία τους από το 2020, τα μη επανδρωμένα πλοία θα έχουν εδραιωθεί μέχρι το 2025, ενώ μέχρι το 2035 θα έχουν τη δυνατότητα να εκτελούν υπερατλαντικό ταξίδι.

1.2 Η αυτονομία στον κλάδο των μεταφορών

Τα αυτόνομα οχήματα, έχουν τις ρίζες τους στην έρευνα σχετικά με την τεχνητή νοημοσύνη που ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του 1950. Ωστόσο, οι πιο συστηματικές εξελίξεις ξεκίνησαν περίπου το 1980 και συνεχίστηκαν με διαφορετική κλιμάκωση από εκείνη

την εποχή μέχρι σήμερα. (Rodseth and Burmeister, 2012) Την τελευταία δεκαετία, λόγω των τεράστιων προόδων στην επιστήμη των υπολογιστών, η οποία επιτρέπει την αντίληψη του περιβάλλοντος, τον σχεδιασμό διαδρομής και τον έλεγχο οχημάτων σε πραγματικό χρόνο, η υλοποίηση ενός αυτόνομου συστήματος πλοήγησης για ένα όχημα, είναι τεχνικά εφικτή.

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί ορισμοί για την έννοια της αυτονομίας στη βιβλιογραφία. Όμως, οι περισσότεροι ερευνητές, χρησιμοποιούν τα επίπεδα της αυτονομίας (Levels of Autonomy-LoA) για να περιγράψουν τον βαθμό αυτονομίας ενός μηχανήματος. Ομοίως, στην παρούσα εργασία, τα επίπεδα αυτονομίας κατατάσσονται σύμφωνα με την πιο γνωστή κλίμακα μέτρησης, αυτή του Thomas Sheridan. (Theunissen, 2014)

Η συγκεκριμένη κλίμακα πραγματοποιεί μία κατηγοριοποίηση δέκα επιπέδων, ξεκινώντας από το επίπεδο ένα, όπου ο άνθρωπος είναι υπεύθυνος για όλες τις αποφάσεις, και καταλήγει στο επίπεδο δέκα, όπου το σύστημα είναι πλήρως αυτόνομο και δρα μόνο του. Πρακτικά, η κατηγοριοποίηση των επιπέδων αυτονομίας, συνήθως αφορά τις επιμέρους λειτουργίες ενός αυτόνομου μηχανήματος και όχι την λειτουργία του συνολικά. Αν και τεχνικά η λειτουργία ενός συστήματος σε υψηλό επίπεδο αυτονομίας μπορεί να είναι εφικτή, τα νομοθετικά ζητήματα, οι απαιτήσεις αξιοπιστίας μιας αυτόνομης λειτουργίας και οι προκλήσεις πιστοποίησης μπορούν να είναι λόγοι για να περιοριστεί η εξουσία ενός τέτοιου συστήματος, και το επίπεδο λήψης αποφάσεων του οχήματος να περιοριστεί στο επίπεδο πέντε.

Πίνακας 1. Τα 10 επίπεδα του αυτοματισμού (Πηγή:Theunissen, 2014)

Επίπεδο	Περιγραφή
10	Ο υπολογιστής αποφασίζει μόνος του, δρα αυτόνομα, αγνοώντας τον ανθρώπινο παράγοντα.
9	Ο υπολογιστής ενημερώνει τον άνθρωπο μόνο εάν ο υπολογιστής το αποφασίσει.
8	Ο υπολογιστής ενημερώνει των άνθρωπο μόνο εάν του ζητηθεί.
7	Ο υπολογιστής δρα αυτόνομα και μόνο αν είναι απαραίτητο ενημερώνει τον άνθρωπο.
6	Ο υπολογιστής επιτρέπει περιορισμένο χρόνο εναντίωσης του ανθρώπου πριν την έναρξη των αυτόνομων διεργασιών.
5	Ο υπολογιστής εκτελεί τις προτεινόμενες ενέργειες εφόσον ο ανθρώπινος παράγοντας το εγκρίνει.
4	Ο υπολογιστής προτείνει μία εναλλακτική επιλογή.
3	Ο υπολογιστής περιορίζει τις εναλλακτικές επιλογές.
2	Ο υπολογιστής προσφέρει ένα πλήρες σύνολο εναλλακτικών.
1	Ο υπολογιστής δεν προσφέρει καμία βοήθεια, ο άνθρωπος είναι υπεύθυνος για όλες τις ενέργειες.

Εδώ και χρόνια, ορισμένα οχήματα λειτουργούν υπό το πρίσμα διαφόρων μορφών αυτονομίας. Αρχικά, ξεκινώντας από το παράδειγμα των σιδηροδρομικών μεταφορών, τα τρένα της Danish Metro, είναι μη επανδρωμένα αλλά παρακολουθούνται και ελέγχονται από ένα κέντρο ελέγχου. (Mogens et al., 2017)

Παράλληλα, στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, πλήθος επιβατικών αυτοκινήτων, χρησιμοποιούν ορισμένες αυτόματες βοηθητικές τεχνολογίες. Ο κατασκευαστής ηλεκτρικών αυτοκινήτων Tesla ήταν ένας από τους πρώτους που προώθησε λειτουργίες όπως η αυτόματη στάθμευση, το προηγμένο σύστημα ελέγχου ταχύτητας και τα φρένα έκτακτης ανάγκης. Το επόμενο βήμα είναι η κατασκευή του πλήρως αυτόνομου αυτοκίνητου. Πολλές εταιρείες τεχνολογίας (π.χ. Alphabet, Apple, Intel), εταιρείες αυτοκινήτων (π.χ. Tesla, BMW, Toyota) αλλά και νεοσύστατες εταιρείες, επενδύουν στην έρευνα και ανάπτυξη λογισμικού και υλικού για την κατασκευή αξιόπιστων αυτόνομων αυτοκινήτων.

Τέλος, στον τομέα των εναέριων μεταφορών, είναι ευρέως γνωστή η ύπαρξη μη επανδρωμένων εναέριων σκαφών (UAV), ή αλλιώς drones, τα οποία είναι αεροσκάφη χωρίς πιλότο επί του σκάφους. Το αεροσκάφος μπορεί είτε να είναι τηλεκατευθυνόμενο (Remote Piloted Aircraft ή RPA) είτε να καθοδηγείται μέσω προγραμματισμού για να πετάξει αυτόνομα σε διάφορες αποστολές. Τα UAV χρησιμοποιούνται επί του παρόντος για πολλαπλούς σκοπούς. Χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση στρατιωτικών υπηρεσιών, τη συντήρηση αεροσκαφών, την εναέρια επιτήρηση, την εμπορική κινηματογραφική παραγωγή, την επιστημονική έρευνα και διάφορες άλλες χρήσεις.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν, γίνεται αντιληπτό ότι τα περισσότερα συστήματα που ισχυριζόμαστε ότι έχουν αυτόνομες λειτουργίες ελέγχου, είναι ως επί το πλείστων αυτόματα, παρά αυτόνομα ή έξυπνα, καθώς όσο μεγαλύτερη αυτονομία αποδίδεται σε ένα ρομπότ, τόσο λιγότερο ελέγξιμο είναι. Το πλήρως αυτόνομο ρομπότ δεν μπορεί να ελεγχθεί καθόλου και αυξάνει εγγενώς τον κίνδυνο απώλειας του ίδιου του οχήματος και την πρόκληση ζημιάς σε άλλα αντικείμενα ή ανθρώπους. (Rodseth and Burmeister, 2012)

Ομοίως με τα υπόλοιπα οχήματα, η δυνατότητα κατασκευής μη επανδρωμένων θαλάσσιων σκαφών έχει υπάρξει εδώ και αρκετά χρόνια. Πράγματι, το αμερικανικό ναυτικό έχει ήδη αναπτύξει μικρά σκάφη που κινούνται με κάποιο βαθμό αυτονομίας. (Burmeister et al., 2014) Παρόλο που οι πρώτες ενέργειες είχαν στρατιωτικό χαρακτήρα, τα μη επανδρωμένα σκάφη, σαφώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μια μεγάλη ποικιλία σκοπών. Σήμερα, πολλές χώρες χρησιμοποιούν μη επανδρωμένα υποβρύχια σκάφη για υποθαλάσσια χαρτογράφηση, επιστημονική θαλάσσια έρευνα, αναζήτηση ορυκτών, συντήρηση και επισκευή αγωγών πετρελαίου, πλοίων και λιμανιών, πόντιση καλωδίων και εξέταση ναυαγίων. Εξαιτίας των ραγδαίων τεχνολογικών εξελίξεων των τελευταίων χρόνων και την εμπειρία που αποκτήθηκε από τη λειτουργία των μικρών και μεσαίων USVs, η φιλοδοξία φάνηκε να εξελίσσεται στην δημιουργία ενός μη επανδρωμένου εμπορικού πλοίου, ικανό να εκτελέσει υπερατλαντικό ταξίδι.

1.3 Η αυτονομία στον ναυτιλιακό κλάδο

1.3.1 Τα πρώτα οράματα αυτονομίας στη ναυτιλία

Η ιδέα της αυτονομίας στη ναυτιλία δεν είναι καινούργια. Το 1973 στο βιβλίο "Τα πλοία και η ναυτιλία του αύριο", ο Rolf Schonknecht περιέγραψε τα πλοία του μέλλοντος, ως πλοία που θα έπλεαν με τη χρήση υπολογιστών ενώ ένας καπετάνιος θα μπορούσε να ασκεί τα καθήκοντά του σε ένα κτίριο γραφείων κάπου στην ξηρά. Λίγο αργότερα, τη δεκαετία του 1980, συζητήθηκε στην Ιαπωνία, η ιδέα έξυπνων πλοίων που θα λειτουργούσαν χωρίς πλήρωμα, αλλά όταν τα φθηνότερα ξένα πληρώματα έγιναν διαθέσιμα, η ιδέα απορρίφθηκε. Τη δεκαετία του 2000, η έννοια των έξυπνων πλοίων επανεμφανίστηκε αρχικά μέσω μιας πρωτοβουλίας του IMO το 2005, που είχε ως στόχο την αύξηση της ασφάλειας στη ναυσιπλοΐα, και το 2007 σε ένα έγγραφο για την ανάπτυξη της ευρωπαϊκής ναυτιλιακής βιομηχανίας από την Waterborne TP.

Το όραμα του IMO για την ηλεκτρονική πλοήγηση (e-Navigation) ορίστηκε ως "η εναρμονισμένη συλλογή, ενσωμάτωση, ανταλλαγή, παρουσίαση και ανάλυση των θαλάσσιων πληροφοριών, μεταξύ των πλοίων και της ξηράς, με τη χρήση ηλεκτρονικών μέσων για τη βελτίωση της πλοήγησης και των συναφών υπηρεσιών, για την ασφάλεια στη θάλασσα και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος". (Burmeister et al., 2014) Μέσω του οράματος της ηλεκτρονικής πλοήγησης, ο IMO αποσκοπούσε στην βελτίωση των συστημάτων πλοήγησης επί του πλοίου, τη διαχείριση των πληροφοριών σχετικά με την κυκλοφορία των πλοίων και την βελτίωση των υποδομών επικοινωνίας μεταξύ των πλοίων αλλά και των πλοίων με την ακτή. Ενώ το συγκεκριμένο όραμα, δεν έκανε λόγο για μη επανδρωμένα και αυτόνομα πλοία, έθεσε τις βάσεις ώστε οι κύριες διαδικασίες που διενεργούνται στη γέφυρα ενός πλοίου να πραγματοποιούνται στο μεγαλύτερο μέρος τους με την χρήση της τεχνολογίας.

Λίγα χρόνια αργότερα, η Ευρωπαϊκή Ένωση, προκειμένου να διατηρήσει αλλά και να ενισχύσει την ηγετική παγκόσμια θέση που κατέχει για χρόνια σε πολλούς θαλάσσιους τομείς, ανέπτυξε μαζί με μια δέσμη κορυφαίων ευρωπαίων ενδιαφερόμενων μερών που σχετίζονται με τη θάλασσα, την Ευρωπαϊκή Πλατφόρμα για τις Πλωτές Τεχνολογίες (Waterborne TP). Μαζί με ένα στρατηγικό ερευνητικό πρόγραμμα και ένα σχέδιο εφαρμογής, δημοσίευσαν από κοινού ένα έγγραφο με το όραμα για τη μελλοντική ανάπτυξη της ναυτιλιακής βιομηχανίας του 2020 σχετικά με την ανταγωνιστικότητα, την καινοτομία, την ασφάλεια και τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις. (Rodseth and Burmeister, 2012)

Με βάση αυτό το όραμα, η Waterborne TP εντόπισε δώδεκα προτεραιότητες που θα μπορούσαν να βοηθήσουν την Ευρώπη να αναπτύξει τον τομέα της ναυτιλίας. Το κυριότερο εγχείρημα το οποίο διαπιστώθηκε ότι συνδυάζει πολλαπλά οφέλη είναι το "αυτόνομο πλοίο". (Burmeister et al., 2014) Ως αυτόνομο πλοίο ορίστηκε ένα πλοίο εξοπλισμένο «με συστήματα ελέγχου και τεχνολογία επικοινωνίας που επιτρέπει την ασύρματη παρακολούθηση και τον έλεγχο, συμπεριλαμβανομένων των προηγμένων συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων και τις δυνατότητες για απομακρυσμένη και αυτόνομη λειτουργία.» (Burmeister et al., 2014) Για να υποστηρίξει αυτό το εγχείρημα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή χρηματοδότησε ένα νέο ερευνητικό πρόγραμμα σχετικά με την κατασκευή ενός αυτόνομου πλοίου προκειμένου να διερευνηθεί η δυνατότητα υλοποίησης αυτής της ιδέας από τεχνικής, οικονομικής και νομικής σκοπιάς. Το έργο αυτό ονομάστηκε MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks). (Burmeister and Rodseth, 2014)

1.3.2 Διαφορές μεταξύ συμβατικών, τηλεχειριζόμενων και αυτόνομων πλοίων

Τα μη επανδρωμένα εμπορικά πλοία, αποτελούν ένα από τα νεότερα εγχειρήματα της ναυτικής τεχνολογίας και πολλοί μεγάλοι οργανισμοί και εταιρείες ανά τον κόσμο, ερευνούν τις δυνατότητες χρήσης και τη λειτουργία τους. Η απουσία του ανθρώπινου παράγοντα, δεν αποτελεί τη μοναδική διαφορά μεταξύ ενός συμβατικού πλοίου και ενός αυτόνομου. Σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο αποτελεί και η επεξεργασία, η διαχείριση και η εφαρμογή των αντίστοιχων αποφάσεων που σε ένα συμβατικό πλοίο τις εφαρμόζει το πλήρωμα και ο πλοίαρχος. Ένα μη επανδρωμένο πλοίο μπορεί να επιτευχθεί με ένα συνδυασμό απομακρυσμένου, αυτόματου και αυτόνομου ελέγχου.

Αρχικά, προτού αναφερθούμε στην επεξήγηση των παραπάνω βαθμών ελέγχου, θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι δεν υπάρχει ένας γενικά αποδεκτός ορισμός του "πλοίου". Διαφορετικά κείμενα, παρέχουν τον δικό τους ορισμό ανάλογα με το θέμα. Συνεπώς, στην παρούσα εργασία, ορίζεται ως πλοίο, αυτό το οποίο έχει δικό του σύστημα πρόωσης και διεύθυνσης, εκτελεί εμπορικά χρήσιμες μεταφορές και υπόκειται σε ένα πολιτικό ρυθμιστικό πλαίσιο.

Ταυτόχρονα, θα πρέπει να επισημανθεί ότι ο όρος ναυτικό αυτόνομο επιφανειακό πλοίο (Maritime Autonomous Surface Ship-MASS) προτάθηκε από την Επιτροπή του IMO ως επίσημος γενικός όρος για τα αυτόνομα πλοία. Τα MASS καθιερώθηκαν ως "πλοία τα οποία

έχοντας διαφορετικούς βαθμούς αυτονομίας μπορούν να λειτουργούν ανεξάρτητα από την ανθρώπινη αλληλεπίδραση”. (IMO, MSC 99, 2018)

Σήμερα, τα περισσότερα συμβατικά πλοία, λειτουργούν με περιοδικά μη επανδρωμένους χώρους κινητήρα, καθώς πολλά από τα συστήματα των μηχανοστασίων έχουν αυτοματοποιηθεί εκτενώς. Ταυτόχρονα, και οι λειτουργίες πλοήγησης σήμερα διακρίνονται από κάποιο επίπεδο αυτοματισμού καθώς τα πλοία διαθέτουν σχετικά προηγμένα ραντάρ κατά των συγκρούσεων (ARPA) και κοινά συστήματα αυτοματισμού, όπως ο αυτόματος πιλότος άλλα και συστήματα, όπως είναι για παράδειγμα το Automatic Identification System (AIS) και το Long Range Identification and Tracking (LRIT) που συγκεντρώνουν πληροφορίες από το περιβάλλον του πλοίου. Ωστόσο, το πλήρωμα είναι απαραίτητο για την εκτέλεση των εργασιών συντήρησης και την παρακολούθηση των λειτουργιών του. (Mogens et al., 2017)

Ο αυτοματισμός χρησιμοποιείται ως γενικός όρος για τις διαδικασίες που καθιστούν το πλοίο ικανό να πραγματοποιεί ορισμένες λειτουργίες και να μπορεί να επιλέξει μεταξύ εναλλακτικών στρατηγικών χωρίς να το ελέγχει ο άνθρωπος. Το αυτόματο πλοίο δηλαδή, διαθέτει απλώς πιο προηγμένα συστήματα αυτοματισμού από ένα συμβατικό πλοίο, που μπορούν να ολοκληρώσουν ορισμένες απαιτητικές λειτουργίες χωρίς την ανθρώπινη αλληλεπίδραση. (Rodseth and Burmeister, 2012) Ένα αυτόνομο πλοίο από την άλλη πλευρά, είναι ένα πλοίο, που έχει κάποιο επίπεδο αυτοματισμού και αυτοδιαχείρισης. Η αυτονομία δηλαδή, είναι αποτέλεσμα της εφαρμογής «προηγμένης» αυτοματοποίησης σε ένα πλοίο, ώστε να εφαρμόζει κάποια μορφή αυτοδιοίκησης. Ένας κοινός αυτόματος πιλότος, αν και είναι αυτόματος και πιθανώς αρκετά προηγμένος, δεν παρέχει αυτονομία υπό αυτόν τον ορισμό. Θα ακολουθεί πάντα μια δεδομένη επικεφαλίδα. (Rodseth and Nordahl, 2017)

Το περιορισμένα αυτόνομο πλοίο μπορεί να λειτουργεί πλήρως αυτόματα στις περισσότερες περιπτώσεις και να έχει ταυτόχρονα μια προκαθορισμένη επιλογή για την επίλυση κοινώς απαντημένων προβλημάτων, π.χ. αποφυγή σύγκρουσης. Επίσης έχει καθορισμένα όρια στις επιλογές που μπορεί να χρησιμοποιήσει για την επίλυση προβλημάτων, π.χ. μέγιστη απόκλιση από την προγραμματισμένη διαδρομή ή την ώρα άφιξης. (Rodseth and Nordahl, 2017)

Το πλήρως αυτόνομο πλοίο από την άλλη πλευρά, χειρίζεται όλες τις καταστάσεις από μόνο του. Λειτουργεί με τη βοήθεια προηγμένων συστημάτων πληροφορικής και αισθητήρων και δεν απαιτεί ανθρώπινη αλληλεπίδραση. Αυτό μπορεί να είναι μια ρεαλιστική εναλλακτική λύση για λειτουργίες σε μικρές αποστάσεις και σε πολύ ελεγχόμενα περιβάλλοντα. Εάν δεν οριστούν περιορισμοί, το σύστημα θα μπορούσε να ονομάζεται "έξυπνο" και να έχει πλήρη ελευθερία να αναλαμβάνει δράσεις στο πλαίσιο της εμπειρογνωμοσύνης του και δεν μπορεί να

είναι γνωστό εκ των προτέρων ποια θα είναι τα πιθανά αποτελέσματα της απόφασης. (Rodseth and Burmeister, 2012)

Ένα τηλεχειριζόμενο πλοίο μπορεί να ελέγχεται εξ αποστάσεως, από ένα κέντρο ελέγχου στην ξηρά. Όλες οι ενέργειες που εκτελεί, ακολουθούν μια προγραμματισμένη ακολουθία και χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό αυτοματισμού καθώς το σύστημα αναμένεται να λειτουργεί με ασφάλεια από μόνο του. (Rodseth and Nordahl, 2017) Διαφορετικά, αν προκύψουν τυχόν απροσδόκητα συμβάντα ή όταν ολοκληρωθεί μια αυτόματη λειτουργία θα ζητήσει την ανθρώπινη παρέμβαση. Το προσωπικό στο κέντρο ελέγχου της ξηράς είναι πάντοτε διαθέσιμο για να παρέμβει και να ξεκινήσει απομακρυσμένο έλεγχο όπου κριθεί ότι αυτό απαιτείται.

Προκειμένου να υιοθετηθεί μια κοινή κατευθυντήρια γραμμή στην κατηγοριοποίηση των MASS, ο IMO πρότεινε τους εξής τέσσερις βαθμούς αυτονομίας (IMO,MSC 99, 2018):

1. Πλοία με αυτοματοποιημένες διαδικασίες και προηγμένες λειτουργίες υποστήριξης στη λήψη αποφάσεων καθώς και πλήρωμα επί του πλοίου το οποίο ελέγχει το σύνολο των συστημάτων και των λειτουργιών του.
2. Πλοία τα οποία ελέγχονται και λειτουργούν με τηλεχειρισμό από κάποια απομακρυσμένη τοποθεσία, το πλήρωμα όμως εξακολουθεί να βρίσκεται επί του πλοίου.
3. Πλοία τα οποία ελέγχονται και λειτουργούν με τηλεχειρισμό από κάποια απομακρυσμένη τοποθεσία, δεν υπάρχει όμως πλήρωμα επί του πλοίου.
4. Πλοία τα οποία είναι τελείως αυτόνομα και μπορούν να χειριστούν όλες τις καταστάσεις χωρίς να απαιτείται η ανθρώπινη παρέμβαση.

Σχετικά με τους βαθμούς αυτονομίας που αναφέρθηκαν, θα πρέπει να προστεθούν τα εξής σχόλια: Στην πρώτη κατηγορία, η γέφυρα του πλοίου είναι πάντα επανδρωμένη και το πλήρωμα μπορεί να παρέμβει αμέσως στις τρέχουσες λειτουργίες. Αυτό γενικά δεν θα απαιτήσει ειδικά ρυθμιστικά μέτρα καθώς δεν είναι εξολοκλήρου τύπος αυτονομίας. Πρόκειται απλώς, για την εφαρμογή προηγμένων συστημάτων αυτοματοποίησης σε συμβατικά πλοία. Στην δεύτερη κατηγορία, το πλοίο μπορεί να λειτουργεί χωρίς πλήρωμα στη γέφυρα για περιορισμένες περιόδους, π.χ. σε ανοιχτή θάλασσα και σε καλό καιρό, και το πλήρωμα να καλείται στη γέφυρα σε περίπτωση προβλημάτων. Ένα κρίσιμο ζήτημα στην προκειμένη περίπτωση είναι ότι η συγκέντρωση του πληρώματος στη γέφυρα θα χρειάζεται κάποιο χρονικό περιθώριο. Τέλος, στην τρίτη κατηγορία η γέφυρα του πλοίου έχει σχεδιαστεί για μη επανδρωμένη λειτουργία και αυτό σημαίνει ότι ακόμα και σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης δεν υπάρχει κανένας στο πλοίο που να είναι εξουσιοδοτημένος να αναλάβει τον έλεγχο.

1.3.3 Τεχνική ανάπτυξη και δοκιμές

Επί του παρόντος, στην Ευρωπαϊκή Ένωση υπάρχουν πολλά έργα έρευνας και ανάπτυξης, που στοχεύουν στην κατασκευή αυτόνομων εμπορικών πλοίων ενώ πρόσφατα έκανε την εμφάνιση της και μια ιαπωνική κοινοπραξία με παρόμοιο σκοπό. Ωστόσο, η διεξοδική δοκιμή σε πραγματικές συνθήκες είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της σωστής λειτουργίας των συστημάτων που κατασκευάζονται και της εξασφάλισης των ελαχίστων απαιτήσεων ασφάλειας και αξιοπιστίας για τα αυτόνομα πλοία του μέλλοντος.

Στις αρχές του 2016 ξεκίνησε η φινλανδική συνεργασία DIMECC, η οποία συνδέει εταιρείες που ασχολούνται με την κατασκευή αυτόνομων πλοίων.[1] Μετά από πολλά χρόνια ερευνών, οι εμπλεκόμενες εταιρείες έχουν ήδη ορισμένες έτοιμες τεχνικές λύσεις. Η DIMECC έχει ιδρύσει μια περιοχή δοκιμών για τα αυτόνομα, μη επανδρωμένα πλοία στη Φινλανδία, η οποία έχει το όνομα "περιοχή δοκιμής Jaakonmeri". Η "περιοχή δοκιμής Jaakonmeri" είναι στην πραγματικότητα ανοικτή για δοκιμές μη επανδρωμένων πλοίων ή τεχνολογιών που σχετίζονται με αυτό, σε οποιονδήποτε στον κόσμο. Στόχος της δημιουργίας της περιοχής αυτής είναι να επιταχύνει τη διαδικασία ανάπτυξης αυτόνομων πλοίων, παγκοσμίως.

Στην παρούσα εργασία, θα επικεντρωθούμε στις τεχνικές και πρακτικές λύσεις που προτείνονται από τα ερευνητικά έργα AAWA και MUNIN. Άλλα έργα τα οποία έχουν διαφορετική προσέγγιση, δεν θα εξεταστούν εδώ. Παρακάτω γίνεται μια συνοπτική αναφορά στα τέσσερα πιο έντονα συζητημένα στους ναυτιλιακούς κύκλους έργα, που βρίσκονται σε εξέλιξη αυτή τη στιγμή.

1.3.3.1 AAWA

Το έργο AAWA (Advanced Autonomous Waterborne Applications) είναι ένα φινλανδικό πρόγραμμα, χρηματοδοτούμενο από την Tekes (Φινλανδική Υπηρεσία Χρηματοδότησης για την Τεχνολογία και την Καινοτομία), ύψους 6,6 εκατομμυρίων ευρώ, το οποίο έχει ως στόχο να ερευνήσει τις προδιαγραφές και τα προκαταρκτικά σχέδια που απαιτούνται για να καταστούν πραγματικότητα τα αυτόνομα πλοία. (AAWA, 2016) Για την επίτευξη αυτού του σκοπού, έφερε σε επαφή σχεδιαστές πλοίων, κατασκευαστές εξοπλισμού, φινλανδικά ερευνητικά ιδρύματα και κορυφαία μέλη στο χώρο της ναυτιλίας.[2]

---

[1] Rolls-Royce, ABB, Wärtsilä, Cargotec, Ericsson, Meyer Turku, Tekes, Tieto κ.α.

[2] Tampere University of Technology, VTT Technical Research Centre of Finland, Abo Akademi University, Aalto University, University of Turku, Rolls-Royce, DNV GL, Inmarsat, Deltamarin, NAPA, Brighthouse Intelligence, Finferries and ESL Shipping.

Η Rolls-Royce που είναι η επικεφαλής της κοινοπραξίας του AAWA, στην παρουσίαση του οράματός της δήλωσε ότι ενδιαφέρεται να κατασκευάσει ένα σύστημα το οποίο θα εκτελεί τον απομακρυσμένο έλεγχο των αυτόνομων πλοίων. Παράλληλα, ανέφερε ότι «δεν θα υπάρξει ένα αποκλειστικά τηλεχειριζόμενο ή αυτόνομο πλοίο, αλλά μάλλον ένα υβρίδιο των δύο που θα εξαρτηθεί από τον τύπο και τη λειτουργία του εκάστοτε πλοίου. Καθώς, οι τεχνολογίες που απαιτούνται για την πραγματοποίηση αυτόνομων πλοίων είναι επί του παρόντος εφικτές, η πρόκληση είναι να καταστεί η τεχνολογία αξιόπιστη και οικονομικά αποδοτική». (AAWA, 2016)

Στο πλαίσιο του έργου, ήδη έχει δημιουργηθεί ένα σύστημα ελέγχου πλοίων, το οποίο θα ενσωματωθεί σε ένα δορυφορικό τηλεπικοινωνιακό δίκτυο καθώς και σε χερσαία συστήματα που θα επιτρέπουν τη βέλτιστη αξιοποίηση των υφιστάμενων τεχνολογιών επικοινωνίας για αυτόνομο έλεγχο πλοίων. Η Finferries θα υποστηρίξει το παρόν έργο παρέχοντας τη Stella, ένα πλοίο 65 μέτρων, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τη διεξαγωγή δοκιμών των αισθητήρων σε μια σειρά λειτουργικών και κλιματικών συνθηκών. Η ESL Shipping θα διερευνήσει τις επιπτώσεις των αυτόνομων πλοίων στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών μικρών αποστάσεων και τις βέλτιστες πρακτικές προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφάλεια του στον κυβερνοχώρο.

Βραχυπρόθεσμα αυτό σημαίνει ότι θα κατασκευαστούν ρυμουλκά, τα οποία θα μπορούν να λειτουργούν τηλεχειριζόμενα εξ αποστάσεως από ένα κοντινό χερσαίο κέντρο ελέγχου. Μακροπρόθεσμα όμως, η Rolls-Royce προβλέπει ένα κέντρο ελέγχου με προσωπικό από 7 έως 14 άτομα που θα μπορεί να παρακολουθεί και να ελέγχει ένα ολόκληρο στόλο εμπορικών πλοίων σε ολόκληρο τον κόσμο.

Εικόνα 1. Μοντέλο αυτόνομου πλοίου σύμφωνα με το έργο AAWA (Πηγή: AAWA, 2016)

1.3.3.2 MUNIN

Το MUNIN (Maritime Unmanned Navigation Intelligence in Networks), είναι ένα ερευνητικό έργο που διεξάχθηκε μεταξύ του 2012 και του 2015, είχε προϋπολογισμό 3,8 εκατ. ευρώ και συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και οκτώ εταίρους[3] με διαφορετικό επιστημονικό και βιομηχανικό υπόβαθρο προκειμένου να μελετηθεί η τεχνική, η οικονομική και η νομική σκοπιμότητα ενός αυτόνομου πλοίου. Η βάση του ήταν η υπόθεση είναι ότι "τα μη επανδρωμένα πλοία μπορούν να πλεύσουν αυτόνομα σε διηπειρωτικό ταξίδι τουλάχιστον εξίσου ασφαλή και αποδοτικά με τα επανδρωμένα πλοία. " (MUNIN, 2013)

Ενώ το όνομα του είναι ένα αρκτικόλεξο, κάνει επίσης αναφορά σε έναν χαρακτήρα από την παλιά νορβηγική μυθολογία. Ο Munin, που σημαίνει μνήμη ή μυαλό, είναι ένα από τα κοράκια του Θεού Όντιν που πετά σε όλο τον κόσμο ανεξάρτητο κατά τη διάρκεια της ημέρας και διανέμει αυτό που έχει συγκεντρώσει στον κύριό του το βράδυ. Όπως το κοράκι, το μη επανδρωμένο πλοίο ταξιδεύει αυτόνομα σε όλο τον κόσμο, αλλά επιστρέφει με ασφάλεια στο λιμάνι του. (Burmeister and Rodseth, 2014)

Το όραμα του MUNIN, ήταν η ανάπτυξη μιας πλατφόρμας με τα πρώτα συστήματα ενός αυτόνομου πλοίου, τα οποία αφενός θα έχουν την ικανότητα να καθοδηγούν το πλοίο αυτόνομα αφετέρου όμως ένας χειριστής σε ένα απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου στην ξηρά, θα μπορεί να αποκτήσει τον έλεγχο του ανά πάσα στιγμή.

Ο Ornulf Jan Rodseth, διευθυντής του νορβηγικού ερευνητικού ινστιτούτου Marintek που συμμετέχει στο MUNIN, μιλώντας στο περιοδικό Newsweek, επισήμανε ότι το έργο έχει θέσει τόσο βραχυπρόθεσμο όσο και μακροπρόθεσμο στόχο. Ο πρώτος εξετάζει τη δυνατότητα της μείωσης του αριθμού του πληρώματος σε ένα ή δύο άτομα, καθώς το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειών θα εκτελείται από έναν απομακρυσμένο κέντρο που βρίσκεται στην ξηρά. Ο δεύτερος, εξετάζει τη δημιουργία εξ' ολοκλήρου αυτοματοποιημένων πλοίων χωρίς καθόλου πλήρωμα, πράγμα που κατά την γνώμη του θα εξαλείψει τα θαλάσσια ατυχήματα κάθε είδους. Αν και η πλήρης αυτονομία για ένα εμπορικό πλοίο μπορεί να είναι δύσκολο να επιτευχθεί στο εγγύς μέλλον, η διεξαχθείσα έρευνα θα ωφελήσει τις θαλάσσιες μεταφορές βραχυπρόθεσμα, προσφέροντας βελτιωμένα συστήματα πλοήγησης.

[3] Κέντρο Fraunhofer CML, Ινστιτούτο Έρευνας Θαλάσσιων Τεχνολογιών Marintek, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Chalmers, Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Hochschule Wismar, Aptomar AS, MarineSoft Entwicklungs- und Logistik-gesellschaft, Marorka και Νομική Σχολή του University College Cork.

Εικόνα 2. Μοντέλο αυτόνομου πλοίου σύμφωνα με το έργο MUNIN (Πηγή: MUNIN, 2013)

1.3.3.3 Revolt

Το ReVolt είναι το έργο της DNV GL, το οποίο αφορά την κατασκευή ενός πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, μήκους 60 μέτρων, με χωρητικότητα 100 TEU και μέση ταχύτητα 6 κόμβους. Το εν λόγω πλοίο αντί να χρησιμοποιεί τα συνήθη καύσιμα, θα τροφοδοτείται από μια μπαταρία 3000 kWh, γεγονός που μειώνει το λειτουργικό κόστος τόσο μέσω της εξοικονόμησης από τα καύσιμα όσο και με την ελαχιστοποίηση του αριθμού των εξαρτημάτων υψηλής συντήρησης επί του σκάφους. Το σκάφος λέγεται ότι θα διανύει 100 ναυτικά μίλια, προτού χρειαστεί επαναφόρτιση η μπαταρία του. Ταυτόχρονα, ενδέχεται η ενέργεια που απαιτείται για την επαναφόρτιση των μπαταριών να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, γεγονός που θα οδηγήσει και στη μείωση του εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα.

Εκτιμώντας μια διάρκεια ζωής 30 ετών, το πλοίο αυτό σε σύγκριση με ένα πετρελαιοκίνητο πλοίο θα μπορούσε να αποφέρει κέρδη ύψους 34 mUSD (31,5 εκατ. €). Για τον σκοπό της δοκιμής του συγκεκριμένου πλοίου στην πράξη έχει κατασκευαστεί ένα μοντέλο κλίμακας 1:20. Η DNV GL βρίσκεται αυτή τη στιγμή σε μια φάση δοκιμών του ReVolt που ξεκίνησε το τρίτο τρίμηνο του 2015. Η DNV GL κατασκευάζει αισθητήρες, κάμερες και ραντάρ για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος του πλοίου, μαζί με το Νορβηγικό Πανεπιστήμιο Επιστήμης και Τεχνολογίας (NTNU) και την Kongsberg Maritime.

Εικόνα 3. Μοντέλο αυτόνομου πλοίου σύμφωνα με το έργο Revolt (Πηγή: DNV GL, 2018)

1.3.3.4 Yara Birkeland

Την άνοιξη του 2017 οι νορβηγικές εταιρείες Kongsberg και Yara International ανακοίνωσαν ότι αναπτύσσουν ένα αυτόνομο πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων χωρητικότητας 100-150 TEU με μηδενικές εκπομπές αερίων ρύπων. Το πλοίο έχει το όνομά του, από την ιδρυτή της Yara και τον πρωτοπόρο Kristian Birkeland, και θα είναι το πρώτο πλήρως ηλεκτρικό πλοίο εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο. Η Kongsberg παρέχει υψηλής τεχνολογίας συστήματα και λύσεις στην εμπορική ναυτιλία, την άμυνα, την αεροδιαστημική βιομηχανία, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο και είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη και την παροχή όλων των βασικών τεχνολογιών που απαιτούνται για τη λειτουργία του πλοίου.

Εκτιμάται ότι το πλοίο μπορεί να αντικαταστήσει έως και 40.000 μεταφορές με φορτηγά που κινούνται με ντίζελ και να μειώσει έτσι τις εκπομπές NOx και CO2 βελτιώνοντας παράλληλα την ασφάλεια. Το πλοίο θα λειτουργεί εντός 12 ναυτικών μιλίων από την ακτή (νορβηγικά χωρικά ύδατα) και μεταξύ τριών λιμένων στη νότια Νορβηγία. Οι αποστάσεις μεταξύ των λιμένων ποικίλλουν από 7 ναυτικά μίλια έως 30 ναυτικά μίλια. Δεδομένου ότι το πλοίο θα μεταφέρει προϊόντα εντός μιας καλά καθορισμένης διαδρομής από το εργοστάσιο παραγωγής της Yara, στο Brevik και σε μια εγκατάσταση στο Larvik στη Νορβηγία, θα απλοποιήσει κατά πολύ το έργο της προετοιμασίας του. Το πλοίο προγραμματίζεται ότι θα ξεκινήσει ως επανδρωμένο πλοίο με ταυτόχρονο έλεγχο από την ξηρά το 2019 και αναμένεται να είναι σε θέση να εκτελέσει αυτόνομες επιχειρήσεις από το 2020 και μετά. (Komianos, 2018)

Εικόνα 4. Μοντέλο αυτόνομου πλοίου σύμφωνα με το έργο Yara Birkeland (Komianos, 2018)

2. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

2.1 Περιγραφή της λειτουργίας των ερευνητικών έργων MUNIN & AAWA

Οι πρώτες μελέτες για την κατασκευή μη επανδρωμένων εμπορικών πλοίων, δημιούργησαν στους ερευνητές ερωτήματα σχετικά με το πόσο καλά σχεδιασμένες θα έπρεπε να είναι οι λειτουργικές τους διαδικασίες, ώστε να αποφευχθούν συμβάντα τα οποία θα έθεταν σε κίνδυνο την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας. Κρίθηκε λοιπόν απαραίτητο, ότι προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι της αυτοματοποίησης, η μετάβαση από τη σημερινή συμβατική ναυτιλία στην πραγματικά αυτόνομη ναυτιλία του μέλλοντος θα πρέπει να είναι σταδιακή.

Η περίπτωση που διερευνήθηκε στα πλαίσια του έργου MUNIN, ήταν ένα μη επανδρωμένο πλοίο χύδην ξηρού φορτίου, των 75.000 dwt. Αυτό το πλοίο, θεωρήθηκε ως ο καταλληλότερος τύπος πλοίου για τις πρώτες εφαρμογές της αυτονομίας στα εμπορικά πλοία, καθώς λειτουργεί συνήθως με χαμηλές ταχύτητες, διανύει μεγάλες αποστάσεις, με μόνο μία φόρτωση και ένα λιμάνι εκφόρτωσης και μεταφέρει φορτίο που δεν απαιτεί συνεχή παρακολούθηση και συντήρηση από την πλευρά του ανθρώπου. (Burmeister and Rodseth, 2014) Παράλληλα, αποφασίστηκε ότι το πλοίο θα είναι πλήρως μη επανδρωμένο κατά τη διάρκεια του κύριου μέρους του ταξιδιού, λειτουργώντας με αυτόνομα συστήματα πλοήγησης και ελέγχου. Κατά τη διάρκεια προσέγγισης και πρόσδεσης όμως σε ένα λιμάνι, μια ομάδα ελέγχου θα επιβιβάζεται σε αυτό και θα το χειρίζεται άμεσα από τη γέφυρα. (Burmeister et al., 2014)

Στην περίπτωση που διερευνήθηκε στο έργο AAWA, επιλέχθηκε ένα πλοίο γενικού φορτίου, το οποίο θα είναι μη επανδρωμένο σε όλες τις φάσεις του ταξιδιού. Συνεπώς η διαδικασία της προσέγγισης στην αποβάθρα και η πρόσδεση θα είναι αυτόματες ή ημιαυτόματες. Προκειμένου να καταστεί πραγματικότητα το συγκεκριμένο εγχείρημα, το πιλοτάρισμα των πλοίων όπως διενεργείται σήμερα, θα μεταβληθεί. Ενδεχομένως, οι πρώτες εφαρμογές να πραγματοποιούνται με την χρήση VTS και στην συνέχεια προκειμένου να διευκολύνεται περισσότερο το πιλοτάρισμα του πλοίου κατά την διάρκεια της πρόσδεσης θα μπορούσε να γίνει χρήση καμερών και ραντάρ τα οποία δεν θα βρίσκονται στο πλοίο αλλά κατά μήκος των αποβάθρων, για ταχύτερες και καλύτερες συνδέσεις. (AAWA, 2016)

Παρά την αυτόνομη τεχνολογία επί του πλοίου, και στις δύο μελέτες, θα υπάρχει παράλληλα και ένα κέντρο ελέγχου στην ξηρά (Shore Control Center-SCC), το οποίο θα συνδέεται με όλα τα συστήματα του πλοίου. Οι άνθρωποι που θα βρίσκονται στο κέντρο

ελέγχου της ξηράς δεν θα εκτελούν άμεσο τηλεχειρισμό του πλοίου, αλλά θα είναι υπεύθυνοι για την παρακολούθηση της σωστής λειτουργίας των αυτόνομων συστημάτων του. Μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις το κέντρο ελέγχου αναμένεται να έχει απομακρυσμένο έλεγχο του πλοίου. (AAWA, 2016),(Burmeister et al., 2014)

Ο αυτόνομος έλεγχος στο έργο MUNIN, ορίζεται ως η ικανότητα να πραγματοποιούνται σύνθετες αποφάσεις, οι οποίες εξακολουθούν να περιορίζονται εντός προκαθορισμένων ορίων. Ένα παράδειγμα αυτού μπορεί να είναι αυτόνομη αποφυγή σύγκρουσης όπως ορίζεται από τους διεθνείς κανονισμούς για την πρόληψη των συγκρούσεων στη θάλασσα (COLREGs). Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσω της χρήσης αυτοματοποιημένων διαδικασιών ελέγχου, συμπληρωμένων από άλλες τεχνολογίες από τον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης. Εφαρμόζοντας σωστά, αυτού του είδους την αυτονομία θα μειωθεί η ανάγκη για ανθρώπινη εποπτεία, διατηρώντας παράλληλα ένα υψηλό και σαφώς καθορισμένο επίπεδο ασφάλειας.

Οι λειτουργίες του μη επανδρωμένου πλοίου μπορούν να διακριθούν σε πέντε διαφορετικούς τύπους (Porathe et al, 2014):

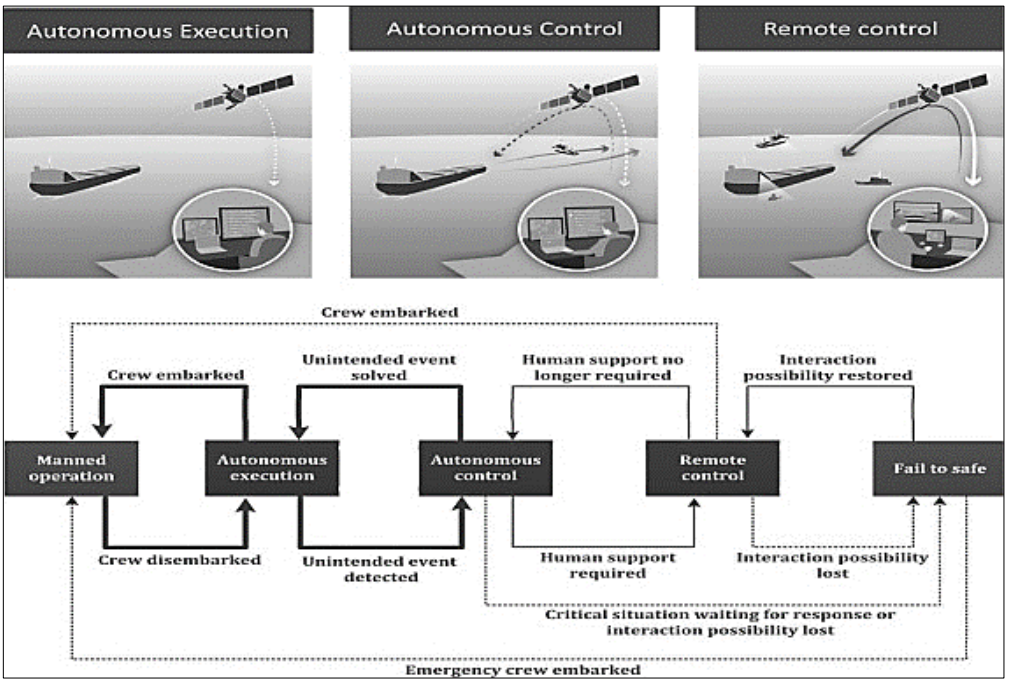
• Επανδρωμένη λειτουργία

• Αυτόνομη εκτέλεση,

• Αυτόνομος έλεγχος,

• Απομακρυσμένος έλεγχος και

• Λειτουργία σε κατάσταση ασφαλούς αποτυχίας



Εικόνα 5. Οι λειτουργίες του μη επανδρωμένου πλοίου σύμφωνα με το έργο MUNIN (Πηγή: Burmeister et al., 2014)

Η επανδρωμένη λειτουργία αντιπροσωπεύει τη λειτουργία, όπου το πλοίο το χειρίζεται ένα κανονικό πλήρωμα, όπως αναφέρθηκε ότι θα συμβαίνει κατά τη διάρκεια της προσέγγισης σε κάποιο λιμάνι. Τα καθήκοντα της άφιξης στην θέση παραβολής, της αναχώρησης από αυτήν και η πλοήγηση σε περιοχές με υψηλή κυκλοφορία ή παράκτιες περιοχές θα παραμείνουν ουσιαστικά αμετάβλητα καθώς θα διεξάγονται από μια ομάδα γέφυρας. Όμως, καθώς το πλοίο θα φτάνει στην ανοιχτή θάλασσα, το πλήρωμα θα αποβιβάζεται και θα επιστρέφει στην ακτή, αφήνοντάς το, μη επανδρωμένο. (Burmeister and Rodseth, 2014) Το σημείο αυτό, μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τους λιμένες, τα ταξίδια, την αναμενόμενη κίνηση, την πολυπλοκότητα του περιβάλλοντος, τις καιρικές συνθήκες κλπ. Αναγνωρίζεται επίσης ότι λόγω αυτού, τα μη επανδρωμένα πλοία ενδέχεται να αναγκάζονται να παραμένουν στο αγκυροβόλιο εξαιτίας για παράδειγμα, της αδυναμίας επιβίβασης του πληρώματος σε δύσκολες καιρικές συνθήκες. Η λειτουργία αυτή αφορά μόνο το έργο MUNIN.

Όταν το πλήρωμα εγκαταλείπει το πλοίο, η κατάσταση του θα μεταβαίνει σε αυτόνομη λειτουργία, όπου τα συστήματα θα ελέγχουν συνεχώς τις συνθήκες και θα παρατηρούν το περιβάλλον για να διαπιστώσουν εάν όλα εξακολουθούν να λειτουργούν σύμφωνα με το προκαθορισμένο σχέδιο ταξιδιού. Μικρές προσαρμογές ταχύτητας ή πορείας εξαιτίας π.χ. περιορισμού ορατότητας μπορούν να εκτελεσθούν από τον αυτόνομο ελεγκτή του πλοίου, μέσα σε ένα προκαθορισμένο πλαίσιο ελευθερίας. Επιπλέον, θα παρέχονται στο κέντρο ελέγχου τακτικές ενημερώσεις, ώστε να μπορούν οι άνθρωποι που βρίσκονται σε αυτό να διεξάγουν τα καθήκοντά παρακολούθησης με την απαραίτητη επίγνωση. Μόλις προκύψει μια κατάσταση η οποία δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί μέσω του συστήματος του αυτόνομου ελέγχου, θα ζητηθεί βοήθεια από το κέντρο ελέγχου της ξηράς. Τότε, το πλοίο θα αλλάζει τον αυτόνομο έλεγχο σε απομακρυσμένο, για παράδειγμα λόγω διασταυρούμενου σκάφους ή μεταβολής των καιρικών συνθηκών και θα μπορεί να είναι τηλεχειριζόμενο από την ομάδα ανθρώπων που θα βρίσκεται σε αυτό. (Rodseth and Burmeister, 2015)

Επιπλέον, προβλέπεται μια λειτουργία, κατά την οποία το πλοίο θα τίθεται σε κατάσταση ‘ασφαλούς αποτυχίας’, η οποία αποσκοπεί στην διατήρηση της ασφάλειας του πλοίου εάν ο έλεγχος χαθεί λόγω κακής επικοινωνίας, βλάβης των συστημάτων ή απουσία του χειριστή στο κέντρο της ξηράς. Αυτή η λειτουργία ‘ασφαλούς αποτυχίας’, θα εφαρμόζει αγκυροβόληση έκτακτης ανάγκης ή κάποια άλλη ενέργεια για την ελαχιστοποίηση των κινδύνων σύγκρουσης, προσάραξης κλπ. (Rodseth and Burmeister, 2015)

Στο έργο AAWA αναφέρεται ότι ο χειριστής του πλοίου θα πρέπει να καθορίζει πριν από κάθε ταξίδι ποια θα είναι η στρατηγική που θα ακολουθήσει το πλοίο σε περίπτωση που χαθεί η σύνδεση ή προκύψει κάποιο πρόβλημα. Η στρατηγική θα μπορούσε να περιλαμβάνει: αίτημα

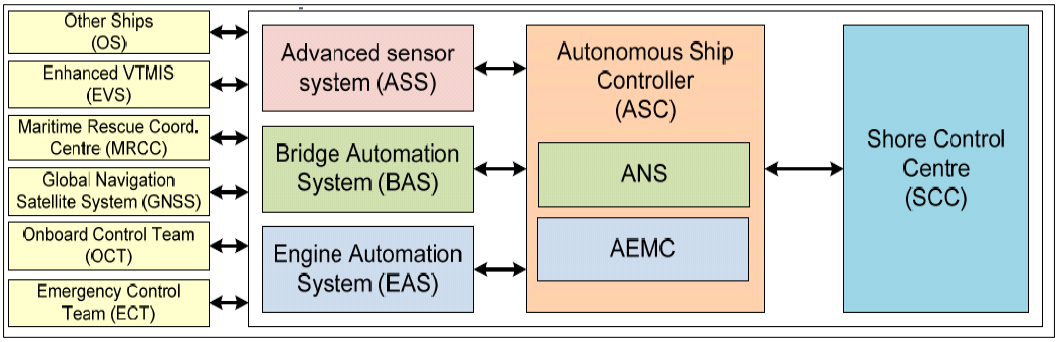
στον χειριστή να αναλάβει τον έλεγχο, μείωση της ταχύτητας και μετάβαση στο επιλεγμένο λιμάνι, ακινητοποίηση του πλοίου σε δυναμική κατάσταση, πλοήγηση στο προηγούμενο λιμάνι, πλοήγηση σε προκαθορισμένη ασφαλή τοποθεσία.

Ανεξάρτητα από την κατάσταση, το κέντρο ελέγχου της ξηράς μπορεί βέβαια να παρέμβει σε κάθε στάδιο και μάλιστα μπορεί να αναλάβει άμεσο έλεγχο για γενικό ή ειδικό χειρισμό καταστάσεων. Για παράδειγμα εάν εντοπιστεί από τα αυτόνομα συστήματα άλλο πλοίο, το κέντρο ελέγχου δεν απαιτείται να εφαρμόσει απευθείας ελιγμό. Ο χειριστής μπορεί να επιλέξει να επικοινωνήσει μέσω VHF συχνοτήτων με το άλλο πλοίο, προκειμένου να επιβεβαιωθεί η κατάσταση και από τα δύο μέρη προτού ξεκινήσει οποιαδήποτε ενέργεια. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι αυτόνομες δυνατότητες είναι απενεργοποιημένες και όλα τα δεδομένα μεταδίδονται στην ξηρά και αναμεταδίδονται αντίστοιχες εντολές πίσω στο πλοίο. Αυτό αντιπροσωπεύει μια προσέγγιση απόλυτου απομακρυσμένου ελέγχου, η οποία ενεργοποιείται μόνο κατά τη διάρκεια ορισμένων ειδικών καταστάσεων.

2.2 Η αρχιτεκτονική του αυτόνομου πλοίου MUNIN

Η αρχιτεκτονική προσέγγιση του αυτόνομου πλοίου θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι το πλοίο παρακολουθείται και ελέγχεται πάντα από ένα κέντρο ελέγχου στην ξηρά. Ταυτόχρονα όμως, θα πρέπει ο συνδυασμός των λειτουργικών ορίων και των αυτόνομων συστημάτων του, να ελαχιστοποιούν το φορτίο του χειριστή στο κέντρο ελέγχου, ώστε να επιτρέπεται η παρακολούθηση ενός στόλου πλοίων, με σκοπό τη μείωση των απαιτήσεων και του κόστους επικοινωνίας.

Τα συστήματα του κινητήρα (Engine Automation System-EAS), τα συστήματα της γέφυρας (Bridge Automation System-BAS), το προηγμένο σύστημα αισθητήρων (Advanced Sensor System-ASS), το σύστημα αυτόνομου ελέγχου του πλοίου (Autonomous ship Controller-ASC) και τα συστήματα τα οποία είναι υπεύθυνα για τον απομακρυσμένο έλεγχο του πλοίου (Shore Control Center-SCC) είναι οι κύριες κατηγορίες συστημάτων που απαιτούνται για να επιτευχθεί η αυτόνομη λειτουργία και αναλύονται παρακάτω όπως παρουσιάζονται στο ερευνητικό έργο του MUNIN. (MUNIN, 2013)



Εικόνα 6. Η αρχιτεκτονική των συστημάτων του αυτόνομου πλοίου MUNIN
(Πηγή: Burmeister and Rodseth, 2014)

2.2.1 Αυτόνομα Συστήματα Κινητήρα

Στα αυτόνομα συστήματα του κινητήρα, αντιστοιχούν όλα εκείνα τα συστήματα τα οποία είναι υπεύθυνα για τη παραγωγή και τη διαχείριση της ενέργειας του πλοίου καθώς επίσης και τα συστήματα πρόωσης. Τα επιμέρους στοιχεία που αποτελούν το αυτόνομο σύστημα του κινητήρα, είναι τα παρακάτω υποσυστήματα. Το σύστημα αυτόνομου ελέγχου και παρακολούθησης κινητήρων (Autonomous Engine Monitoring and Control System-AEMC), το σύστημα βελτιστοποίησης απόδοσης κινητήρα (Engine Efficient System) και το σύστημα συντήρησης (Maintenance Interaction System).

2.2.1.1 Σύστημα αυτόνομου ελέγχου και παρακολούθησης κινητήρων

Το σύστημα αυτόνομου ελέγχου και παρακολούθησης κινητήρων (Bruhn and Burmeister, 2013) εξασφαλίζει την συνεχή παρακολούθηση των μηχανικών λειτουργιών του πλοίου. Το σύστημα πρόωσης, παραγωγής και διαχείρισης ενέργειας, το σύστημα λίπανσης των κινητήρων και το σύστημα εκπομπής καυσίμων βρίσκονται υπό τον έλεγχο του.

Το συγκεκριμένο σύστημα, έχει προηγμένη πρόβλεψη αποτυχίας και περαιτέρω ψηφιακές λειτουργίες για την συνεχή παρακολούθηση του μηχανοστασίου του πλοίου και των συστημάτων πρόωσης. Το σύστημα καταγραφής συμβάντων των μηχανών (Engine Data Logger – EDL) το οποίο αποτελεί υποσύστημα του AEMC, είναι επιφορτισμένο με την καταγραφή όλων των λειτουργιών και της κατάστασης των μηχανών του πλοίου. Έχει δηλαδή τη δυνατότητα να συλλέγει δεδομένα όλο το εικοσιτετράωρο σχετικά με τις ενδείξεις των παραμέτρων στις μηχανές, τον έλεγχο των θερμοκρασιών σε αυτές καθώς και ό,τι συμβαίνει στο περιβάλλον τους. Αυτό, συμβάλλει στη καλύτερη και πληρέστερη κατανόηση των

συμβάντων που σχετίζονται με τις μηχανές και την αποτροπή ενδεχομένων δυσλειτουργιών. Αποτελεί μία παραλλαγή του VDR καθώς ο ρόλος και των δύο είναι η καταγραφή συμβάντων και πληροφοριών, μόνο που ο σκοπός του EDL περιορίζεται στο πεδίο των μηχανών.

Ταυτόχρονα, εκτός από την πρόληψη των βλαβών μέσω της συνεχόμενης παρακολούθησης των μηχανών, το AEMC λαμβάνει πληροφορίες από το σύστημα βελτιστοποίησης απόδοσης κινητήρα που είναι το μέσο διαχείρισης όλων των αυτοματοποιημένων διαδικασιών των κινητήρων που εκτελούνται στο πλοίο. Μέσω των πληροφοριών αυτών που διαχειρίζεται, εκτελεί διεργασίες για τη σωστή λίπανση και ψύξη των κινητήρων. Φυσικά, η συντήρηση τους θα πρέπει να γίνεται από ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό κατά την άφιξη και την αναχώρηση του πλοίου στο λιμάνι.

Τέλος, το AEMC διασυνδέεται άμεσα και με το σύστημα διαχείρισης εκτάκτων περιστατικών (Emergency Handling) το οποίο συμβάλλει στην αναγνώριση τυχόν σφαλμάτων στα υπόλοιπα συστήματα του πλοίου, παρακολουθώντας βασικές παραμέτρους, και λαμβάνοντας πληροφορίες από το σύστημα των αισθητήρων. Παρακολουθώντας όλες αυτές τις διεργασίες μέσω των επιμέρους συστημάτων του, το AEMC αναμεταδίδει στο κέντρο ελέγχου στην ξηρά οποιαδήποτε πληροφορία αποκλίνει από την ορθή λειτουργία, καθώς συνδέεται άρρηκτα τόσο μαζί του όσο και με το σύστημα ελέγχου της γέφυρας, δεδομένου ότι όλες οι εντολές από και προς τα μηχανικά μέρη διέρχονται μέσω αυτού.

2.2.1.2 Σύστημα βελτιστοποίησης απόδοσης κινητήρα

Το συγκεκριμένο σύστημα διασφαλίζει ότι τα μηχανήματα παραγωγής ενέργειας λειτουργούν με τον αποδοτικότερο τρόπο, ενώ παράλληλα πραγματοποιεί έλεγχο της κατανάλωσης καυσίμων και ενέργειας με στόχο τη μείωση των εκπομπών καυσαερίων. Επίσης, καταρτίζει περιοδικές αναφορές σχετικά με την κατανάλωση, τις εκπομπές και τις επιδόσεις του πλοίου στο κέντρο ελέγχου στην ακτή. (Bruhn and Burmeister, 2013)

2.2.1.3 Σύστημα συντήρησης

Τα μηχανικά μέρη των συμβατικών πλοίων έτσι όπως αυτά κατασκευάζονται σήμερα, απαιτούν περιοδική συντήρηση και δυνατότητα επισκευής ή αντικατάστασης ορισμένων εξαρτημάτων από το πλήρωμα. Στην περίπτωση ενός μη επανδρωμένου πλοίου όπως είναι προφανές, η τελευταία στρατηγική δεν είναι εφικτή. Γι’ αυτό και η λειτουργία του

συγκεκριμένου υποσυστήματος είναι αναμφισβήτητα ζωτικής σημασίας, αφού παρέχει την απαραίτητη συντήρηση στο μηχανοστάσιο του αυτόνομου πλοίου.

Έτσι, η μεγαλύτερη πρόκληση για τα μη επανδρωμένα πλοία είναι η αύξηση της ανθεκτικότητας του αυτόνομου συστήματος των κινητήρων, σε βαθμό που ο χειριστής θα μπορεί να έχει επιβεβαιώσει ότι τα κρίσιμα υποσυστήματα δεν θα αποτύχουν κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Αυτό, απαιτεί αφενός τον επανασχεδιασμό ολόκληρου του συστήματος αλλά και τη χρήση τεχνικών και λειτουργικών πλεονασμάτων. Λειτουργικό πλεόνασμα έχουμε όπου παρέχεται επαρκές επίπεδο ασφάλειας και αξιοπιστίας για το πλήρες σύστημα. Οι μηχανές πρόωσης των πλοίων, οι βοηθητικές μηχανές, οι γεννήτριες της ηλεκτρικής ενέργειας, οι αντλίες, τα συστήματα ψύξης κλπ. είναι πολύπλοκα συστήματα ενός πλοίου και απαιτούν συνεχή συντήρηση. Συνεπώς η αξιοπιστία τους στο έργο MUNIN διασφαλίζεται με την κατασκευή επιπλέον υποσυστημάτων, τα οποία θα χρησιμοποιούνται εναλλακτικά σε περίπτωση που αποτυγχάνουν τα κυρίως συστήματα. (Bruhn and Burmeister, 2013)

Αν και ορισμένα περιστατικά ή δυσλειτουργίες μπορούν να επιδιορθωθούν εξ αποστάσεως, είτε από ενημερώσεις λογισμικού είτε από τη χρήση ρομπότ, θα υπάρξουν ορισμένες περιπτώσεις όπου η παρουσία μιας έμπειρης ανθρώπινης ομάδας θα ήταν απαραίτητη. Σε αυτές τις περιπτώσεις, θα πρέπει να υπάρχουν συγκεκριμένες διαδικασίες, επαρκείς υποδομές και κατάλληλες ρυθμίσεις για την επιβίβαση μιας τέτοιας ομάδας στο πλοίο.

2.2.2 Αυτόνομο Σύστημα Γέφυρας

Το αυτόνομο σύστημα της γέφυρας αποτελείται από όλα τα συστήματα που υπάρχουν στη γέφυρα του πλοίου και τον αντίστοιχο εξοπλισμό τους. Στόχος των συστημάτων αυτών, είναι να εκτελούνται οι διεργασίες πλοήγησης του αυτόνομου πλοίου με τη λιγότερη δυνατή ανθρώπινη παρέμβαση. Το υποσύστημα του αυτόνομου συστήματος γέφυρας, είναι το αυτόνομο σύστημα πλοήγησης (Autonomous Navigation System- ANS).

2.2.2.1 Αυτόνομο Σύστημα Πλοήγησης

Σήμερα, τα εμπορικά πλοία προκειμένου να πλέουν με ασφάλεια, διαθέτουν ηλεκτρονικά όργανα πλοήγησης, που ενημερώνουν τον πλοίαρχο αλλά και τις ναυτικές αρχές, για τη θέση του πλοίου, την απόσταση από άλλα πλοία, την πορεία και την ταχύτητά τους καθώς και την προβλεπόμενη τροχιά τους (ARPA,AIS).Τα συγκεκριμένα συστήματα, σε συνδυασμό με τα

ηλεκτρονικά συστήματα απεικόνισης χαρτών και πληροφοριών (ECDIS) και το GNSS το οποίο εκπέμπει πληροφορίες σχετικές με πλοία που διατρέχουν κίνδυνο ή καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, παρέχουν πληροφορίες οι οποίες συνεισφέρουν στη μείωση των συγκρούσεων των πλοίων και στη καλύτερη διαχείριση της θαλάσσιας κυκλοφορίας. (Bruhn and Burmeister, 2013) Ωστόσο, ο σκοπός των συστημάτων πλοήγησης στα συμβατικά πλοία είναι απλώς υποστηρικτικός. Την τελική ευθύνη για την ασφαλή πλοήγηση από το λιμάνι αναχώρησης του πλοίου στο λιμάνι του προορισμού, την έχει ο πλοίαρχος και οι αξιωματικοί επιφυλακής.

Το αυτόνομο σύστημα πλοήγησης, που σχεδιάστηκε στα πλαίσια του έργου MUNIN, θα έχει σε συνδυασμό με τη βοήθεια του προσωπικού στο κέντρο ελέγχου της ξηράς, την δυνατότητα να αντικαταστήσει τα καθήκοντα της ασφαλούς πλοήγησης που εκτελούνται σήμερα από τον πλοίαρχο και το πλήρωμα. Αναλυτικότερα, το συγκεκριμένο σύστημα θα προγραμματίζει και θα ακολουθεί ένα σχέδιο ταξιδιού το οποίο θα εγκρίνεται από το κέντρο ελέγχου στην ξηρά. (Burmeister, 2014)

Το αυτόνομο σύστημα πλοήγησης του μη επανδρωμένου πλοίου θα πρέπει να αποτελείται από δύο κεντρικά στοιχεία. Μία μονάδα υπεύθυνη για την αποφυγή σύγκρουσης και άλλη μια για την παρακολούθηση του καιρού. Σε περίπτωση που το πλοίο βρεθεί κοντά σε ένα άλλο πλοίο, η πρώτη μονάδα θα αναγνωρίσει την κατάσταση της κυκλοφορίας και θα ανταποκριθεί σε αυτήν σύμφωνα με τις υποχρεώσεις που ορίζουν οι κανονισμοί COLREGs. Η δεύτερη μονάδα θα αξιολογεί συνεχώς τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες μέσω της παρακολούθησης των πραγματικών δεδομένων από τους αισθητήρες αλλά και των ενημερώσεων που θα λαμβάνει από το κέντρο ελέγχου στην ξηρά. (Burmeister et al., 2014)

Ωστόσο, δεν μπορεί να διασφαλιστεί ότι κατά την εκτέλεση του σχεδίου δεν θα υπάρξουν κίνδυνοι να αντιμετωπιστούν. Εκτός από κάποιες εξαιρέσεις, η λειτουργία αποφυγής σύγκρουσης δεν ενσωματώνεται άμεσα στο αυτόνομο σύστημα πλοήγησης. Ακόμη και αν τεχνικά η απαιτούμενη αυτονομία μπορεί να επιτευχθεί, το σύστημα δεν θα έχει επαρκή εξουσία να αλλάξει το σχέδιο πλεύσης ή να αποκλίνει από αυτό. Ως αποτέλεσμα, η ανθρώπινη συμμετοχή είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι η αυτόματη εκτέλεση ενός σχεδίου πλοήγησης διακόπτεται προσωρινά για να εκτελεστεί ο απαιτούμενος ελιγμός αποφυγής σύγκρουσης.

Το ευρωπαϊκό έργο MUNIN προτείνει την ανάπτυξη ενός πρόσθετου συστήματος πλοήγησης στο ECDIS, το οποίο ονομάζεται Integrated Navigation System (INS). (Bruhn and Burmeister, 2013) Αυτό είναι υπεύθυνο για την ενίσχυση της φυσικής ασφάλειας της πλοήγησης, συγκεντρώνοντας όλη τη διαθέσιμη πληροφορία της πλοήγησης σε ένα ενιαίο σύστημα και παρακολουθώντας όλη τη ροή των δεδομένων και των διαδικασιών από και προς

το σύστημα. Στην περίπτωση που υπάρχουν πολλές πηγές από τις οποίες μπορεί να προέρχεται μία πληροφορία, οι σχετικές πληροφορίες θα υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία, με σκοπό την επιλογή της επικρατέστερης τιμής, η οποία και θα διανέμεται στο υπόλοιπο σύστημα. Με αυτόν τον τρόπο θα διασφαλίζεται η ποιότητα της πληροφορίας που ανταλλάσσεται. Επιπροσθέτως, το INS θα είναι σε θέση να συγκρίνει τις δραστηριότητες, τις λειτουργίες, τους αισθητήρες και τα συστήματα της γέφυρας του πλοίου και να επιτρέπει τη πρόσβαση σε αυτά μέσω μίας ενιαίας πλατφόρμας.

2.2.3 Αυτόνομο σύστημα αισθητήρων

Ένα προηγμένο σύστημα αισθητήρων (Advanced Sensor System-ASS) θα παρακολουθεί το περιβάλλον του πλοίου, αξιοποιώντας τα δεδομένα που παρέχονται από τα υπάρχοντα συστήματα πλοήγησης, π.χ. ραντάρ και AIS, σε συνδυασμό με σύγχρονες φωτογραφικές μηχανές ημέρας και υπέρυθρης ακτινοβολίας. (Burmeister et al., 2014) Η λειτουργία του έχει ως στόχο τη διατήρηση μίας συνεχούς διαδικασίας παρακολούθησης της θαλάσσιας κίνησης και των πιθανών εμποδίων, είτε φυσικών είτε τεχνικών, που το πλοίο μπορεί να συναντήσει κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του. Αυτό αποσκοπεί στη συμμόρφωση με τον πέμπτο κανόνα COLREGs, ο οποίος απαιτεί “a proper look-out […] by all available means to make a full appraisal of the situation and the risk of collision”. (Burmeister, 2014)

Συνεπώς οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι οι πληροφορίες που είναι διαθέσιμες για τη λήψη αποφάσεων θα είναι πολύ περισσότερες από αυτές που διαθέτουν τα πλοία σήμερα. Το ερευνητικό πρόγραμμα MUNIN έδειξε ότι η τεχνολογία κάμερας σε συνδυασμό με την χρήση υπολογιστή παρέχει μια ασφαλέστερη αντίληψη μιας κατάστασης από την ανθρώπινη επιφυλακή. (Burmeister et al., 2014) Ένας από τους συνεργάτες του έργου, η Aptomar AS, έχει αναπτύξει μια γυροσκοπική πλατφόρμα, εξοπλισμένη με υπέρυθρες κάμερες και κάμερες ημέρας καθώς και προβολείς. Αυτό το σύστημα θα διεξάγει αυτόματη αναγνώριση εικόνας και θα κάνει αυτόνομη φύλαξη. Η πλατφόρμα της κάμερας μπορεί επίσης να είναι τηλεχειριζόμενη από το κέντρο της ακτής και να στέλνει φωτογραφίες ή εικόνες βίντεο με ποιότητα ανάλογη με τον διαθέσιμο δίκτυο σύνδεσης. (Porathe et al., 2014)

Η ανησυχία περιβάλλει την ακρίβεια του συστήματος των αισθητήρων για την ανίχνευση μικρών αντικειμένων σε όλες τις καιρικές συνθήκες, ειδικά στην περίπτωση μίας σωσίβιας λέμβου ή ενός ανθρώπου στη θάλασσα.

2.2.4 Αυτόνομο Σύστημα Ελέγχου

Το αυτόνομο σύστημα ελέγχου του πλοίου (Autonomous Ship Controller-ASC), πραγματοποιεί μία αξιολόγηση των δεδομένων τα οποία έχουν συλλεχθεί από τους αισθητήρες του πλοίου και των δεδομένων που έχουν προέλθει από το κέντρο ελέγχου και στη συνέχεια πραγματοποιεί τις αντίστοιχες ενέργειες στα υπόλοιπα αυτοματοποιημένα συστήματα του πλοίου. (Burmeister et al., 2014) Αποτελεί ουσιαστικά, έναν επιπρόσθετο έλεγχο στις επιμέρους λειτουργίες του πλοίου αφού είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με άλλα συστήματα, όπως είναι το AEMC, τα συστήματα πλοήγησης, καθώς επίσης και με όλα τα συστήματα διαχείρισης των επικοινωνιών μεταξύ του πλοίου και του κέντρου ελέγχου. (Bruhn and Burmeister, 2013) Ο σχεδιασμός του ταξιδιού, η πλοήγηση, η αποφυγή σύγκρουσης προγραμματίζονται στον αυτόνομο ελεγκτή πλοίου (ASC). (Burmeister, 2014)

2.2.5 Κέντρο Ελέγχου στην Ξηρά

Η ιδέα για την κατασκευή ενός Κέντρου Ελέγχου στην Ξηρά προβλέπει μια εγκατάσταση από την οποία θα μπορεί να παρακολουθείται ένας στόλος μη επανδρωμένων πλοίων. Ο αγγλικός όρος Shore Control Center (SCC) εξακολουθεί να χρησιμοποιείται εκτενώς στη βιβλιογραφία, επειδή καταδεικνύει σαφώς την έννοια ότι το κέντρο από το οποίο θα πραγματοποιείται ο έλεγχος των πλοίων, δεν βρίσκεται επί του ίδιου του αυτόνομου πλοίου.

Τα υποσυστήματα που υπάγονται στο κέντρο απομακρυσμένου ελέγχου του πλοίου είναι το απομακρυσμένο σύστημα ελιγμών (Remote Maneuvering Support System-RMSS) και το σύστημα διεπαφής του πλοίου με τη ξηρά (Human Machine Interface-HMI).

2.2.5.1 Απομακρυσμένο Σύστημα Ελιγμών

Το απομακρυσμένο σύστημα ελιγμών, αποτελεί ένα πληροφοριακό σύστημα το οποίο επιτρέπει τη διεκπεραίωση ασφαλών αυτόνομων διεργασιών των πλοίων και ελέγχεται πλήρως από το κέντρο ελέγχου της ξηράς. Είναι σε θέση να παρέχει αποτελεσματικές προβλέψεις της θέσης του πλοίου, να υπολογίζει πιθανούς περιορισμούς των ελιγμών που πρέπει να εκτελέσει το πλοίο και να υποβοηθά στον απομακρυσμένο έλεγχο του πλοίου από το κέντρο ελέγχου.

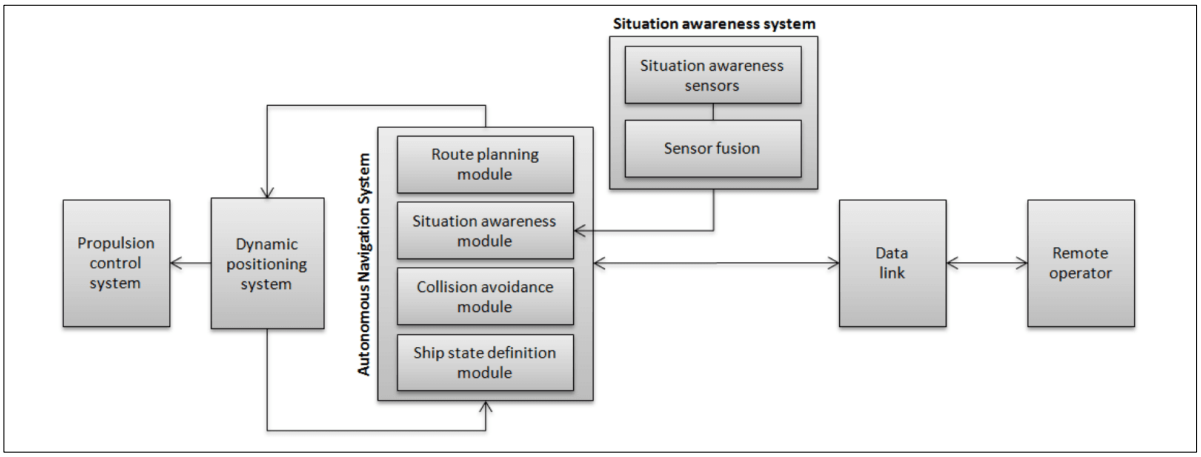
2.2.5.2 Συστήματα διεπαφής πλοίου με τη ξηρά

Μέσω του συγκεκριμένου συστήματος, ο χειριστής από το κέντρο ελέγχου είναι σε θέση να παρεμβαίνει στη λειτουργία του πλοίου και να πραγματοποιεί τις ανάλογες ενέργειες. Ένα HMI σύστημα μπορεί να εμπεριέχει επικοινωνιακές λειτουργίες, λειτουργίες πλοήγησης και πλήρη αποτύπωση της εικόνας του EAS και του BAS. (Burmeister, 2014)

Δεν είναι απαραίτητο να μεταδίδονται στο κέντρο ελέγχου όλα τα δεδομένα όταν το πλοίο είναι σε αυτόνομη λειτουργία, αλλά αν συμβεί κάτι, όλες οι πληροφορίες πρέπει να είναι διαθέσιμες αμέσως. Η ποσότητα των δεδομένων που πρέπει να μεταφερθούν αυξάνεται με την ποσότητα των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται επί του πλοίου. Για τον λόγο αυτό, στην ανοιχτή θάλασσα το πλοίο θα πρέπει να μπορεί να χειριστεί τις περισσότερες καταστάσεις από μόνο του και το κέντρο ελέγχου να λαμβάνει ένα ελάχιστο ποσό δεδομένων ώστε να μπορεί να εποπτεύει το πλοίο. (AAWA, 2016)

2.3 Η αρχιτεκτονική του αυτόνομου πλοίου AAWA

Το αυτόνομο σύστημα πλοήγησης (Autonomous Navigation System-ANS) όπως περιγράφεται στα πλαίσια του έργου AAWA (AAWA, 2016) θα αποτελείται από τα παρακάτω υποσυστήματα. Ένα σύστημα σχεδιασμού της διαδρομής (Route Planning- RP), ένα σύστημα επίγνωσης της κατάστασης (Situational Awareness-SA), ένα σύστημα αποφυγής σύγκρουσης (Collision Avoidance-CA) και τέλος ένα σύστημα καθορισμού της κατάστασης του πλοίου (Ship State Definition-SSD). Τα υποσυστήματα αυτά θα συνδέονται τόσο μεταξύ τους όσο και με το σύστημα δυναμικής τοποθέτησης (Dynamic Positioning-DP) και το σύστημα ελιγμών.



Εικόνα 7. Η αρχιτεκτονική των συστημάτων του αυτόνομου πλοίου AAWA (Πηγή: AAWA, 2016)

Αρχικά, η μονάδα καθορισμού της κατάστασης του πλοίου, ή αλλιώς η μονάδα εικονικού καπετάνιου (Virtual Captain-VC), είναι η σημαντικότερη από τα υποσυστήματα της αυτόνομης πλοήγησης. Συλλέγοντας πληροφορίες από όλα τα άλλα συστήματα, αποφασίζει σε ποια κατάσταση θα λειτουργήσει το πλοίο. Ανάλογα με τα δεδομένα δηλαδή, αποφασίζει εάν το πλοίο θα πρέπει να λειτουργεί σε αυτόνομη, απομακρυσμένη ή λειτουργία ασφαλούς αποτυχίας. Για παράδειγμα, εάν το κέντρο ελέγχου χάσει όλη την επικοινωνία με το πλοίο, το VC θα είναι υπεύθυνο ώστε να αλλάξει την κατάσταση του πλοίου σε λειτουργία ασφαλούς αποτυχίας.

Στη συνέχεια, το σύστημα δυναμικής τοποθέτησης, επιτρέπει στο πλοίο να διατηρεί αυτόματα τη θέση του, χρησιμοποιώντας τις έλικες, τα πηδάλια και τους προωθητές. Συνδυαζόμενο με δορυφορικά συστήματα και αισθητήρες, το πλοίο θα μπορεί να διατηρεί τη θέση του, ακόμη και σε δύσκολες καιρικές συνθήκες. Μοντέρνα συστήματα δυναμικής τοποθέτησης της Rolls-Royce, όπως το Icon DP επιτρέπουν και ελιγμούς του πλοίου σε χαμηλές ταχύτητες.

Η μονάδα σχεδιασμού διαδρομής, είναι ένα λογισμικό που είναι υπεύθυνο για τον προγραμματισμό της διαδρομής από την αρχή μέχρι το τέλος, μέσω προκαθορισμένων σημείων, αποφεύγοντας τα εμπόδια που καθορίζονται στα ηλεκτρονικά διαγράμματα. Το συγκεκριμένο λογισμικό, εκτελεί κάτι παρόμοιο με τον σχεδιασμό ταξιδιού όπως αυτός εκτελείται στις μέρες μας από τα πληρώματα των πλοίων.

Επιπρόσθετα, η μονάδα αποφυγής σύγκρουσης, είναι υπεύθυνη για την ασφαλή πλοήγηση. Χρησιμοποιεί τα δεδομένα που παρέχονται από τη μονάδα σχεδιασμού διαδρομής αλλά αποκλίνει από αυτήν εάν εντοπιστεί κίνδυνος. Ταυτόχρονα, το σύστημα επίγνωσης της κατάστασης που αναφέρεται παρακάτω, παρέχει στη μονάδα αποφυγής σύγκρουσης πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον και τα κοντινά πλοία, τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται η δεύτερη για την εκτίμηση του κινδύνου σύγκρουσης και την αποφυγή της. Σε αντίθεση με το σύστημα σχεδιασμού της διαδρομής που χρησιμοποιείται ως εργαλείο προγραμματισμού, το σύστημα αποφυγής σύγκρουσης είναι πάντα ενεργό και λαμβάνει αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο ανάλογα με την κατάσταση.

Τέλος, η μονάδα επίγνωσης της κατάστασης αποτελεί σημαντικό μέρος της ασφαλούς πλοήγησης ενός μη επανδρωμένου πλοίου καθώς πρέπει να είναι τουλάχιστον τόσο καλή όσο η επίγνωση της κατάστασης επί ενός συμβατικού. Η μονάδα αυτή χρησιμοποιεί διαφορετικούς τύπους αισθητήρων για να συλλέξει πληροφορίες από το περιβάλλον και να τις συνενώσει.

Οι αισθητήρες αυτοί είναι θερμικές φωτογραφικές μηχανές, κάμερες υψηλής ευκρίνειας, υπέρυθρες κάμερες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για νυχτερινή όραση, αισθητήρες καταγραφής και ανίχνευσης ήχου, προβολείς τοποθετημένοι σε γυροσκοπική πλατφόρμα που είναι σε θέση να παρέχουν εικόνες ημέρα και νύχτα, ραντάρ και LIDAR. Αυτή η αυτοματοποιημένη επιτήρηση θα υπερβαίνει τις δυνατότητες της ανθρώπινης επιφυλακής, ειδικά κατά τη διάρκεια της νύχτας και ο χειριστής στο κέντρο ελέγχου της ξηράς θα μπορεί να αποκτήσει ακόμη καλύτερη εικόνα από ό, τι θα είχε αν ήταν στην πραγματικότητα στο πλοίο.

3. ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

3.1 Πλεονεκτήματα στην ασφάλεια

3.1.1 Εισαγωγή

Οι ναυτιλιακοί κίνδυνοι, συχνά αξιολογούνται μέσω της κατηγοριοποίησής τους, σε διαφορετικούς τύπους θαλάσσιων ατυχημάτων όπως είναι για παράδειγμα η σύγκρουση, η προσάραξη, η πυρκαγιά, η έκρηξη, η ανατροπή, η πλημμύρα κλπ. Έχει αποδειχθεί από πολλές μελέτες, ότι στο μεγαλύτερο μέρος τους, ατυχήματα όπως αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω, οφείλονται σε ανθρώπινο λάθος.

Το ανθρώπινο λάθος, αναφέρθηκε ως ο παράγοντας που προκάλεσε το 62% των περιστατικών για πλοία νηολογημένα στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το 2011 έως το 2016. Οι στατιστικές για τα θανατηφόρα ατυχήματα έχουν διαπιστώσει ότι οι εργασίες στο κατάστρωμα όπως η πρόσδεση, είναι 5 έως 16 φορές πιο επικίνδυνη από τις θέσεις εργασίας στην ξηρά. (Mogens et al., 2017) Τα λάθη των μελών του πληρώματος, που ευθύνονται για τα ατυχήματα αυτά, είναι αποτέλεσμα ποικίλων παραγόντων, όπως η κόπωση, οι ανεπαρκείς τεχνικές γνώσεις των συστημάτων του πλοίου, οι αποφάσεις που βασίζονται σε ελλιπείς πληροφορίες, οι ανεπαρκείς επικοινωνίες κ.α. (Burmeister et al., 2014)

Σε γενικές γραμμές, καθώς τα αυτόνομα πλοία θα αντιμετωπίζουν παρόμοιες απειλές κατά της ασφάλειας με τα συμβατικά πλοία, η εισαγωγή της αυτόνομης ναυτιλίας αναμένεται να καταστήσει δυνατή τη μείωση του αριθμού των περιστατικών αυτών. Έναντι των ναυτικών στην ανοικτή θάλασσα, τα αυτόματα συστήματα των πλοίων, θα αναλάβουν τα καθήκοντα ρουτίνας τα οποία απαιτούν ικανότητες όπου οι άνθρωποι υστερούν, π.χ. εκτεταμένες περιόδους επαγρύπνησης, νυχτερινή όραση κλπ. Συνεπώς, η διαχείριση των εκάστοτε απειλών θα μεταφερθεί από το πλήρωμα, στο έξυπνο λογισμικό, τα συστήματα αισθητήρων και στους χειριστές που θα εποπτεύουν τα πλοία εξ αποστάσεως.

Για να μπορεί να θεωρηθεί ασφαλές στη λειτουργία του ένα αυτόνομο πλοίο, δεν θα πρέπει να αποτελεί απειλή για την δικιά του ασφάλεια, την ασφάλεια των γύρω πλοίων και την ασφάλεια του θαλάσσιου περιβάλλοντος. (Kretshmann and Rodseth, 2015) Η ασφάλεια, θα επιβάλλει ουσιώδεις περιοριστικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται, στο στάδιο του σχεδιασμού και της υλοποίησης του αυτοματισμού των πλοίων. Το μη επανδρωμένο πλοίο θα πρέπει να έχει υψηλό βαθμό πλεονασμού, λιγότερα ανθρώπινα λάθη σε ορισμένα από τα στάδια

λήψης αποφάσεων και καλύτερα συστήματα αισθητήρων. Αυτά τα οφέλη βέβαια, θα αντισταθμιστούν σε κάποιο βαθμό από την πιθανότητα τα συστήματα να είναι πιο πολύπλοκα και ο χειρισμός του πλοίου εν μέσω δυσμενών καιρικών συνθηκών να είναι δυσκολότερος. Όμως, όπως προαναφέρθηκε, η μεταφορά των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στην ξηρά περιέχει σημαντικές δυνατότητες στην πρόληψη των θαλάσσιων ατυχημάτων. Ωστόσο, δεν θα είναι δυνατόν να επιτευχθεί η υλοποίηση ενός συστήματος το οποίο είναι 100% ασφαλές.

Τα στενά περάσματα, για πλοία που έχουν περιορισμένη ευελιξία λόγω του μεγέθους και του βυθίσματος τους, θα παραμείνουν ιδιαίτερα προκλητικά. Ταυτόχρονα, η σωστή και αξιόπιστη ερμηνεία των διατάξεων για την πρόληψη των συγκρούσεων στη θάλασσα θα είναι καθοριστική για την επίτευξη ενισχυμένης ασφάλειας μέσω της αυτόνομης πλοήγησης. Είναι δύσκολο να αναπτυχθούν αλγόριθμοι συμμόρφωσης με το σύνολο των κανονισμών COLREG, διότι οι COLREG επιδέχονται διαφορετική ερμηνεία σε ορισμένες καταστάσεις.

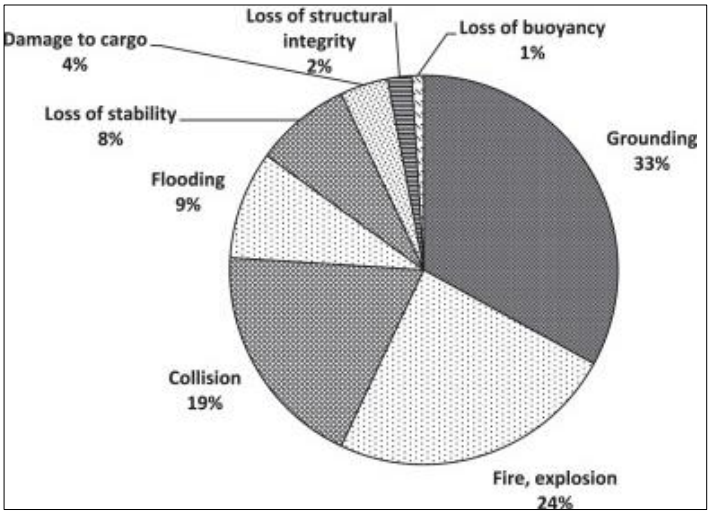
Επομένως, το ερώτημα που προκύπτει είναι αν μπορεί να σχεδιαστεί ένα μη επανδρωμένο πλοίο το οποίο είναι ασφαλέστερο από τα σημερινά συμβατικά πλοία. Για την διερεύνηση του ερωτήματος αυτού διενεργήθηκε μια μελέτη σχετικά με τις πιθανότητες που έχει ένα ατύχημα να συμβεί σε ένα μη επανδρωμένο πλοίο αλλά και τις συνέπειες που θα έχει το ατύχημα αυτό αν τελικά συμβεί. Η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα ατυχήματα πλοήγησης, όπως η σύγκρουση και η προσάραξη, αναμένεται να μειωθούν με την ανάπτυξη των μη επανδρωμένων πλοίων. Ωστόσο, η έκταση των συνεπειών που προκύπτουν από ατυχήματα που δεν σχετίζονται με την πλοήγηση, όπως η πυρκαγιά και η πλημμύρα, αναμένεται να είναι πολύ μεγαλύτερη για τα μη επανδρωμένα πλοία σε σύγκριση με τα συμβατικά. (Wrobel et al., 2017)

3.1.2 Μεθοδολογία της έρευνας

Στην έρευνα που αναφέρθηκε παραπάνω, αναλύθηκαν εκατό ναυτικά ατυχήματα στα οποία συμμετείχαν βάσει δημοσιευμένων εκθέσεων, εκατό δεκαεννέα πλοία. Ο σκοπός της ανάλυσης, ήταν να εκτιμήσει εάν κάθε ένα από αυτά τα ατυχήματα θα συνέβαινε στην περίπτωση που το πλοίο ήταν μη επανδρωμένο, και ποιες θα ήταν οι συνέπειές του ατυχήματος αυτού αν δεν υπήρχε κανένας στο πλοίο για να τις περιορίσει.

Με βάση την αναμενόμενη επιχειρησιακή πρακτική των μη επανδρωμένων πλοίων όπως περιγράφεται στο MUNIN, επιλέχθηκαν μόνο τα ατυχήματα που σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια των φάσεων του ταξιδιού που είναι πολύ πιθανό να διενεργούνται χωρίς πλήρωμα στο

μέλλον. Τα ατυχήματα που συνέβησαν σε φάσεις του ταξιδιού οι οποίες θα συνεχίσουν να διενεργούνται από πλήρωμα επί του πλοίου, όπως θα είναι για παράδειγμα η πλοήγηση στο λιμάνι, θεωρήθηκαν άσχετα για τη μελέτη αυτή. Επίσης, η αξιολόγηση δεν συμπεριέλαβε κινδύνους για τους οποίους δεν υπάρχουν καταγεγραμμένα περιστατικά από το παρελθόν, όπως η κυβερνοπειρατία.

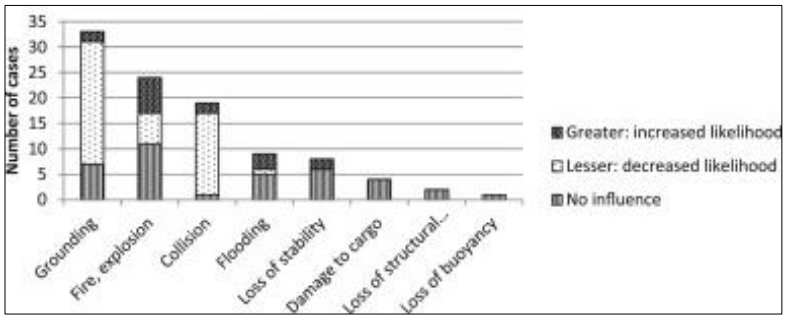


Γράφημα 1. Τύποι ατυχημάτων όπως αναλύθηκαν στα πλαίσια της έρευνας (Πηγή: Wrobel et al., 2017)

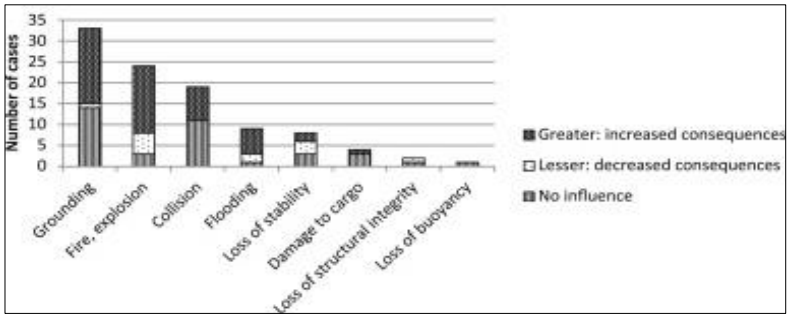
Τα ατυχήματα που καταγράφηκαν, συνέβησαν ανάμεσα στα έτη 1999 έως και 2015 σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές. Τα περισσότερα εμφανίστηκαν στα βόρεια ευρωπαϊκά ύδατα και στην Κίνα, την πρώτη που περιλαμβάνει αισθητά μεγάλο αριθμό πλοίων που αποτελούνται από μικρό αριθμό πληρωμάτων. Κατά τη διάρκεια των αναλυθέντων ατυχημάτων, διαπιστώθηκε ότι 63 ζωές χάθηκαν και 28 άτομα τραυματίστηκαν. Οι αριθμοί περιλαμβάνουν και τους διασώστες που τραυματίστηκαν ή χάθηκαν, βοηθώντας τους ναυτικούς. Δεν διαπιστώθηκε σχέση μεταξύ της ηλικίας του πλοίου και της πιθανότητας να εμπλακεί σε ναυτικό ατύχημα.

Τα αποτελέσματα για την επιρροή που θα έχουν τα μη επανδρωμένα πλοία στην πιθανότητα ύπαρξης ενός ατυχήματος παρουσιάζονται παρακάτω. Όπως φαίνεται, οι περιπτώσεις στις οποίες η πιθανότητα ατυχήματος θα ήταν μικρότερη ξεπερνούν αυτές με μεγαλύτερη πιθανότητα περίπου τρεις φορές (47% προς 16%). Στις υπόλοιπες περιπτώσεις στις οποίες βρέθηκε η πιθανότητα το ατύχημα να είναι μεγαλύτερο μπορεί να αποδοθεί στην έλλειψη ομάδας γέφυρας, την απώλεια επίγνωσης της κατάστασης ή την ανεπαρκή συντήρηση - επίβλεψη του μηχανισμού. Στις επόμενες υποενότητες, περιγράφεται αναλυτικότερα η σχέση των μη επανδρωμένων πλοίων με την πιθανότητα εμφάνισης συγκεκριμένων τύπων ατυχημάτων καθώς και οι συνέπειες αυτών.

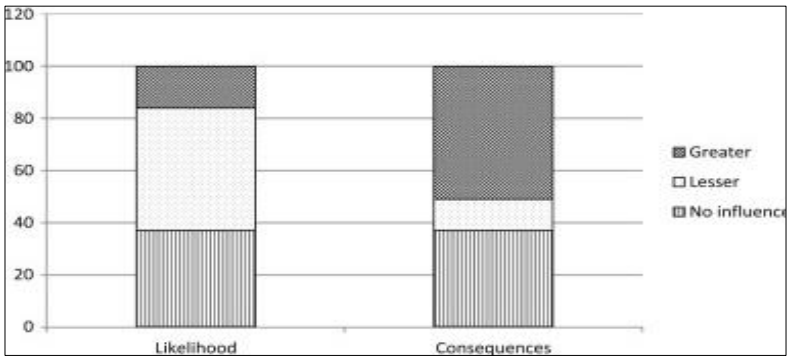
3.1.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων



Γράφημα 2. Η επιρροή του αυτόνομου πλοίου στην πιθανότητα ατυχήματος (Wrobel et al., 2017)



Γράφημα 3. Η επιρροή του αυτόνομου πλοίου στις συνέπειες του ατυχήματος (Wrobel et al., 2017)



Γράφημα 4.Οι πιθανότητες και οι συνέπειες ατυχήματος ενός αυτόνομου πλοίου συγκρινόμενες με ένα συμβατικό πλοίο (Wrobel et al., 2017)

3.1.3.1 Προσάραξη

Η εισαγωγή των μη επανδρωμένων πλοίων μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του αριθμού των συμβάντων προσάραξης. Στις αναφορές ατυχημάτων που αναλύθηκαν, προέκυψε ότι στις είκοσι τέσσερις από τις τριάντα τρεις περιπτώσεις προσάραξης, οι ναυτικοί είχαν αποσπαστεί από τα καθήκοντά τους, ακολουθούσαν ακατάλληλο σχέδιο πλεύσης ή συνέτρεχαν άλλοι παράγοντες οι οποίοι μπορούν να εξαλειφθούν με την αυτοματοποίηση των συστημάτων.

Οι δύο περιπτώσεις που τα μη επανδρωμένα πλοία παρουσίασαν μεγαλύτερη πιθανότητα προσάραξης, ήταν αποτέλεσμα ακατάλληλης εκτίμησης του καιρού και των συνθηκών αγκυροβόλησης. Οι υπόλοιπες επτά ουδέτερες περιπτώσεις οφείλονται ως επί το πλείστων στη χρήση ακατάλληλων ή ξεπερασμένων διαγραμμάτων και θα μπορούσαν να συμβούν και για τους δύο τύπους πλοίων.

Παρόλο που επτά προσαράξεις εμφανίστηκαν σε ένταση ανέμου μεγαλύτερη των 5 Beaufort και δύο άλλες κατά τη διάρκεια περιορισμένης ορατότητας, διαπιστώθηκε ότι μόνο σε μια περίπτωση οι καιρικές συνθήκες θα προκαλούσαν την πιθανότητα ατυχήματος του μη επανδρωμένου πλοίου. Επίσης, καθώς σε δεκατέσσερις από τις τριάντα τρεις περιπτώσεις προσάραξης, τα συμβατικά πλοία κατάφεραν να απομακρυνθούν επιτυχώς, διαπιστώθηκε ότι αυτή η ενέργεια θα ήταν δυνατό να εκτελεστεί και εξ αποστάσεως, υπό την προϋπόθεση ότι είναι σωστή η αξιολόγηση του βάθους γύρω από το πλοίο. Τέλος, σε άλλες δεκαοκτώ περιπτώσεις, τα πλοία απαίτησαν βοήθεια από την ακτή, πράγμα που σημαίνει ότι μια πλήρης επιχείρηση ήταν αναγκαία. Οι περιπτώσεις αυτές θα ίσχυαν ομοίως και για τα μη επανδρωμένα πλοία.

3.1.3.2 Σύγκρουση

Τα αυτοματοποιημένα συστήματα των μη επανδρωμένων πλοίων αποδείχτηκε ότι θα μπορούσαν να αποτρέψουν δεκαέξι από τις δεκαεννέα περιπτώσεις συγκρούσεων που αναλύθηκαν. Ωστόσο, δεδομένου ότι οι συγκρούσεις αυτές οφείλονταν στη μη συμμόρφωση της ομάδας γέφυρας με τους COLREGs, στο μέλλον θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στο σύστημα αισθητήρων του αυτόνομου πλοίου και την εκτέλεση των ενεργειών αποφυγής. Από την άλλη πλευρά, εννέα από τις συγκρούσεις που αναλύθηκαν συνέβησαν κατά τη διάρκεια συνθηκών περιορισμένης ορατότητας όπου το ραντάρ ήταν το μόνο μέσο για την ανίχνευση των άλλων πλοίων. Εφόσον όμως μελλοντικά θα χρησιμοποιηθεί συνδυασμός συστημάτων ανίχνευσης αντικειμένων, τα μη επανδρωμένα πλοία θα μπορούν ευκολότερα να αντιμετωπίσουν τέτοιου είδους συμβάντα.

Σε έντεκα από τις δεκαεννέα περιπτώσεις, η ύπαρξη πληρώματος ή όχι σε οποιοδήποτε από τα πλοία δεν είχε σημασία, καθώς καμία από τις περιπτώσεις αυτές δεν ήταν επιζήμια και τα πλοία συνέχισαν την πορεία τους μετά την εφαρμογή του προτύπου διαδικασιών έκτακτης ανάγκης. Ωστόσο, σε οκτώ περιπτώσεις η ζημία ήταν τόσο μεγάλη που απαιτήθηκε βοήθεια από την ακτή και τουλάχιστον ένα από τα δύο πλοία εκκενώθηκε και οι επιζώντες του συλλέχθηκαν από άλλο πλοίο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η περίπτωση αυτή είναι εξαιρετικής

σημασίας για τα μη επανδρωμένα πλοία καθώς θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα παραλαβής επιζώντων δεδομένου ότι στη μεταβατική περίοδο τα μη επανδρωμένα πλοία θα συνυπάρχουν με επανδρωμένα. Επίσης έχοντας κατά νου ότι και τα κρουαζιερόπλοια, τα σκάφη αναψυχής και τα αλιευτικά σκάφη μεταφέρουν ανθρώπους, η περίοδος αυτή πιθανότατα δεν θα τελειώσει ποτέ.

3.1.3.3 Πυρκαγιά / Έκρηξη

Έξι περιπτώσεις στις οποίες η πιθανότητα πυρκαγιάς θα ήταν μικρότερη για τα μη επανδρωμένα πλοία προκλήθηκαν από τα ίδια τα πληρώματα, τα οποία συνέβαλαν άμεσα στην εμφάνιση της, λόγω παραβίασης των διαδικασιών πυρασφάλειας. Έντεκα από τις είκοσι τέσσερις περιπτώσεις ήταν αποτέλεσμα αυτανάφλεξης του φορτίο ενώ οι υπόλοιπες επτά περιπτώσεις ήταν αποτέλεσμα τεχνικών βλαβών λόγω ανεπαρκούς συντήρησης, ζήτημα στο οποίο τα μη επανδρωμένα πλοία μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευάλωτα.

Δεκαέξι από τις είκοσι τέσσερις αναλυθείσες περιπτώσεις πυρκαγιάς θα είχαν οδηγήσει σε μεγαλύτερη ζημιά στο πλοίο και το φορτίο εάν το πλοίο ήταν μη επανδρωμένο. Από την άλλη πλευρά, πέντε περιπτώσεις στις οποίες η έλλειψη πληρώματος θα ήταν επωφελής, είναι εκείνες που τα μέλη του πληρώματος απεβίωσαν. Τέλος, σε τρεις περιπτώσεις, η φωτιά ήταν τόσο εκτεταμένη που το σκάφος θα καταστρεφόταν ολοκληρωτικά ανεξάρτητα από τον τρόπο λειτουργίας του.

3.1.3.4 Πλημμύρα

Τρεις περιπτώσεις στις οποίες κρίθηκε ότι η πιθανότητα ατυχήματος θα ήταν μεγαλύτερη για τα μη επανδρωμένα πλοία αφορούσε περιπτώσεις που το πλοίο δεν ήταν προετοιμασμένο για πλοήγηση στον πάγο ή η συντήρηση των αγωγών θαλασσινού νερού ήταν ανεπαρκής. Επιπλέον, μια ακόμα περίπτωση πλημμύρας σχετίζεται με το πλήρωμα το οποίο δεν ήταν εξοικειωμένο με τον εξοπλισμό και πέντε ουδέτερες περιπτώσεις σχετίζονται με την ύπαρξη διαβρωμένων αγωγών ή ακατάλληλου σχεδιασμού των συστημάτων του πλοίου.

Συμπερασματικά, έξι από τις εννέα περιπτώσεις θα προκαλούσαν μεγαλύτερες ζημιές απ' αυτές που προκάλεσαν τα συμβατικά πλοία. Αυτές θα περιλάμβαναν την περίπτωση όπου το πλήρωμα θα μπορούσε να ανακαλύψει κάποιο πρόβλημα το οποίο δεν κατάφεραν να εντοπίσουν οι αισθητήρες. Αντιθέτως, δύο περιπτώσεις με μικρότερες συνέπειες για τα μη επανδρωμένα πλοία αφορούν ακατάλληλες ενέργειες των μελών του πληρώματος σε ατύχημα

λόγω π.χ. στρες. Η τελευταία περίπτωση, καθώς ήταν αποτέλεσμα μιας ανεπανόρθωτης δυσλειτουργίας δεν θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί για κανέναν από τους δύο τύπους πλοίου.

3.1.3.5 Απώλεια σταθερότητας, δομικής ακεραιότητας και πλευστότητας

Για τις εννέα από τις περιπτώσεις των ατυχημάτων, θα ήταν άσχετο εάν το πλοίο ήταν επανδρωμένο ή όχι εφόσον τα ατυχήματα προέκυψαν από την υγροποίηση του φορτίου ή την ακατάλληλη στοιβασία.

Σε πέντε από τις έντεκα περιπτώσεις αυτών των ατυχημάτων η έκταση της βλάβης ήταν τόσο μεγάλη που δεν θα μπορούσε να γίνει τίποτα για να ελαχιστοποιηθεί. Σε δυο περιπτώσεις έντονων καιρικών φαινομένων, οι συνέπειες των ατυχημάτων θα ήταν χειρότερες εάν το πλοίο ήταν μη επανδρωμένο αφού οι χειρισμοί του πληρώματος στην ξηρά θα ήταν ιδιαίτερα απαιτητικοί προκειμένου να μην υπάρχει απώλεια σταθερότητας. Τέλος, στις άλλες τέσσερις περιπτώσεις οι συνέπειες θα μπορούσαν να είναι μικρότερες για τα μη επανδρωμένα πλοία καθώς δεν θα υπήρχε απώλεια ανθρώπινων ζωών.

3.1.3.6 Ζημιά στο φορτίο

Και στις τέσσερις περιπτώσεις που αναλύθηκαν, δεν υπήρξε εμφανής σχέση μεταξύ της επάνδρωσης και της πιθανότητας ατυχήματος καθώς ήταν αποτέλεσμα των δυσμενών καιρικών συνθηκών ή της στοιβασίας του φορτίου που δεν είχε πραγματοποιηθεί σύμφωνα με την ορθή πρακτική.

Στις τρεις περιπτώσεις των ατυχημάτων, εξαιτίας της επικινδυνότητας του φορτίου δεν θα μπορούσε να αναληφθεί δράση σε καμία περίπτωση λόγω του είδους της ζημιάς, ενώ στην τελευταία περίπτωση το επανδρωμένο πλοίο θα πλεονεκτούσε έναντι του αυτόνομου καθώς το πλήρωμα ήταν σε θέση να λάβει μέτρα περιορισμού της ζημιάς.

3.1.4 Συμπεράσματα

Έπειτα από την παραπάνω ανάλυση εκατό ναυτιλιακών ατυχημάτων, προέκυψε ότι τα αυτόνομα πλοία θα έχουν καλύτερα επίπεδα ασφαλείας. Η αυτονομία τους και η απομάκρυνση των πληρωμάτων από αυτά μπορούν να οδηγήσουν στη μείωση των ατυχημάτων, ιδιαίτερα για ατυχήματα που σχετίζονται με την πλοήγηση, όπως η προσάραξη ή η σύγκρουση. Τα μη επανδρωμένα πλοία θα μπορούσαν να ελαχιστοποιήσουν τις πιθανότητες τέτοιων συμβάντων

υπό την προϋπόθεση ότι το σύστημα στο σύνολό του έχει σχεδιαστεί σωστά και εφαρμόζεται συστημική προσέγγιση της ασφάλειας.

Οι αξιωματικοί φυλακής είναι άνθρωποι, και το ανθρώπινο λάθος είναι σχεδόν αναμενόμενο κατά τη διάρκεια συνεχούς παρακολούθησης θαλασσών όπου άλλα πλοία μπορεί να τύχει να μην εμφανιστούν για συνεχόμενες ημέρες. Εν αντιθέσει, η αυτόματη παρακολούθηση σε ένα μη επανδρωμένο πλοίο αναμένεται να διατηρεί το ίδιο υψηλό επίπεδο ανά πάσα στιγμή. Πλήθος δοκιμών, θα καθορίσουν τα όρια των αντικειμένων που μπορούν να εντοπιστούν και να προσδιοριστούν, καθώς και το τι από όλα αυτά θα πρέπει να αποσταλεί στο κέντρο της ξηράς για ταυτοποίηση.

Από την άλλη πλευρά, οι ενέργειες του πληρώματος αμέσως μετά από ένα ατύχημα μπορούν να αποδειχθούν ιδιαίτερα επωφελείς για τον περιορισμό των συνεπειών του. Σε δέκα περιπτώσεις από τις εκατό, τόσο η πιθανότητα όσο και οι συνέπειες του ατυχήματος θα ήταν πολύ μεγαλύτερες εάν το πλοίο λειτουργούσε χωρίς πλήρωμα. Εννέα από αυτές ήταν πυρκαγιές ή μηχανικές βλάβες και η μια ήταν σύγκρουση όπου το πλήρωμα έπρεπε να εγκαταλείψει το πλοίο. Επομένως, ο σχεδιασμός ενός μη επανδρωμένου πλοίου θα πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε αυτό να αντέξει σοβαρές ζημιές στο κύτος, τα μηχανήματα και το σύστημα ελέγχου του.

Ωστόσο, πρέπει να υπογραμμιστεί ότι η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με περιορισμένες πληροφορίες σχετικά με τα επιμέρους συστήματα των μελλοντικών μη επανδρωμένων πλοίων και τους τρόπους με τους οποίους θα λειτουργούν. Θα ήταν εξαιρετικά αισιόδοξο να υποθέσουμε ότι τα μη επανδρωμένα πλοία θα αποφύγουν όλες τις πιθανές απειλές χάρη στον τέλειο σχεδιασμό τους.

Η μείωση των κινδύνων για την ανθρώπινη ζωή είναι μια από τις κύριες προτεραιότητες της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Εκτός από τα σημαντικά οικονομικά οφέλη που θα επέλθουν με την αφαίρεση του πληρώματος, το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της εφαρμογής των μη επανδρωμένων πλοίων είναι η εξάλειψη περιστατικών που οι ναυτικοί θανατώνονται στη θάλασσα. Ωστόσο, οι πιθανές συνέπειες ενός ναυτικού ατυχήματος μπορεί να είναι τεράστιες για ένα μη επανδρωμένο πλοίο καθώς μπορεί να προκληθεί ζημία όχι μόνο στο ίδιο το πλοίο αλλά και στο φορτίο του, το περιβάλλον, την υποδομή και τους ανθρώπους που βρίσκονται κοντά έστω και ακούσια και θα πρέπει να διασφαλιστεί η ασφάλειά τους. Παρ 'όλα αυτά, η εισαγωγή των μη επανδρωμένων εμπορικών πλοίων στην παγκόσμια ναυτιλία φαίνεται να είναι μόνο θέμα χρόνου, παρά τις κοινωνικές, νομικές και τεχνολογικές ανησυχίες.

3.2 Οικονομικά πλεονεκτήματα

3.2.1 Εισαγωγή

Η ναυτιλία θα μπορούσε να χαρακτηρισθεί ως μια παγκόσμια βιομηχανία. Σε αυτή την παγκόσμια βιομηχανία, ο ανταγωνισμός μεταξύ όλων των κρατών και των εθνών είναι εφικτός, λόγω της ελευθερίας των θαλασσών και των διεθνών κανονισμών που συντελούν σε αυτό. Τα μη επανδρωμένα - αυτόνομα πλοία, θεωρούνται ως βασικό στοιχείο για την ανταγωνιστική και βιώσιμη ευρωπαϊκή ναυτιλία του μέλλοντος. (Burmeister et al., 2014) Όμως, η καθιέρωσή τους ή όχι στο άμεσο μέλλον, εξαρτάται από την επίδρασή που θα έχουν στην κερδοφορία των ναυτιλιακών εταιρειών. Όπως είναι προφανές, το κόστος μεταφοράς εμπορευμάτων με ένα αυτόνομο πλοίο θα πρέπει να μπορεί να προσδιοριστεί και να συγκριθεί με το κόστος ενός συμβατικού πλοίου. Δηλαδή είναι απαραίτητο, εκτός από την τεχνολογική σκοπιμότητα και άλλα πιθανά οφέλη που συνδέονται με τον αυτοματισμό των πλοίων, να εξερευνηθεί και η οικονομική τους σκοπιμότητα.

Ο αυτοματισμός είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τις περισσότερες βιομηχανίες, ο οποίος αντικαθιστά το εργατικό δυναμικό με μηχανές. Σε γενικότερο επίπεδο, η εφαρμογή αυτοματισμών σε μια βιομηχανία σημαίνει βελτιωμένες οικονομικές συνθήκες όχι μόνο για τους επιχειρηματίες αλλά και για την κοινωνία στο σύνολό της. Το πιο προφανές θετικό γνώρισμα των μη επανδρωμένων εμπορικών πλοίων, θα είναι η εξάλειψη των δαπανών που προέρχονται από την απασχόληση του πληρώματος και αποτελεί μία από τις κύριες κατηγορίες λειτουργικού κόστους για τις ναυτιλιακές εταιρείες. (Rodseth and Burmeister, 2012) Παρά το γεγονός όμως, ότι έχουν βρεθεί οι τεχνολογικές ανακαλύψεις που μπορούν να συμβάλλουν στην αφαίρεση των πληρωμάτων από τα εμπορικά πλοία, δεν είναι σίγουρο ότι αυτό θα συμβεί στο μέλλον, αφού θα πρέπει πρώτα να συνεκτιμηθούν όλα τα άμεσα και τα έμμεσα κόστη που συνεπάγεται αυτού του είδους η τεχνολογία. Η συγκριτική ανάλυση κόστους-οφέλους που ακολουθεί στη συνέχεια, επικεντρώνεται στην οικονομική σκοπιμότητα της αναπτυχθείσας ιδέας για ένα αυτόνομο πλοίο και βασίζεται στα αποτελέσματα της επίσημης έρευνας που χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση, το έργο MUNIN. (Kretshmann and Rodseth, 2015)

Το έργο MUNIN, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, βασίζεται στην μεταφορά χύδην φορτίων καθώς αυτού του είδους η μεταφορά ενδείκνυται για να υποστηρίξει τα πρώιμα στάδια αυτονομίας στη ναυτιλία.(Rodseth and Burmeister, 2012) Εκτός από την αύξηση του

αυτοματισμού επί του πλοίου και την αφαίρεση του πληρώματος, το έργο MUNIN καλύπτει επίσης διάφορες πτυχές που σχετίζονται στενά με το έξυπνο και το αποδοτικό πλοίο. Διερευνά δηλαδή, καινοτομίες σχετικές με έξυπνες εφαρμογές, καθώς και προτεινόμενους τρόπους βελτίωσης του εξοπλισμού και του σχεδιασμού ενός πλοίου. Τα οφέλη αυτά, που σχετίζονται με την πλοήγηση των αυτόνομων πλοίων, αν και μέρος του MUNIN, επειδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο στα συμβατικά όσο και στα αυτόνομα πλοία, είναι εκτός του πεδίου της παρούσας ανάλυσης.

3.2.2 Μεθοδολογία της έρευνας

Προκειμένου να εκτιμηθούν τα οικονομικά στοιχεία των αυτόνομων πλοίων χρησιμοποιήθηκε μια ελαφρώς προσαρμοσμένη έκδοση του μοντέλου ταμειακών ροών που έχει ορίσει ο Stopford. (Stopford, 2009) Το μοντέλο αυτό, περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο τα έσοδα που προέρχονται από ένα πλοίο, μετά από την αφαίρεση του κόστους, δημιουργούν μια ελεύθερη ταμειακή ροή που χρησιμοποιείται για την κάλυψη των φόρων, την καταβολή μερισμάτων και την απόδοση κέρδους για τον πλοιοκτήτη.

Όπως είναι ήδη γνωστό, τα πλοία δημιουργούν έσοδα μεταφέροντας αγαθά. Ο ναύλος, η χωρητικότητα και η παραγωγικότητα είναι οι τρείς κύριοι παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν τα έσοδα που έχει ένα πλοίο. Η έλευση των αυτόνομων πλοίων θα επιφέρει μεταβολές, οι οποίες γνωρίζουμε εκ των προτέρων ότι θα έχουν αντίκτυπο στους παραπάνω τρείς παράγοντες. Εξαιτίας του γεγονότος ότι, οι εν λόγω μεταβολές δεν μπορούν να καθοριστούν ακόμη ποσοτικά, θα πρέπει να υποθέσουμε ότι ο ναύλος, καθορίζεται εξωγενώς και επηρεάζεται κυρίως από την τιμή των βασικών εμπορευμάτων, ενώ η παραγωγικότητα και η χωρητικότητα μπορούν να θεωρηθούν ότι είναι ίσες για αυτόνομα και συμβατικά πλοία. Κατά συνέπεια, η βασική υπόθεση στην οποία στηρίζεται η παρούσα μελέτη, είναι ότι τόσο ένα αυτόνομο όσο και ένα συμβατικό πλοίο έχουν την ίδια δυνατότητα να παράγουν έσοδα κατά τη διάρκεια της λειτουργικής τους ζωής.

Όπως λοιπόν προκύπτει από τα παραπάνω, η ανάλυση θα επικεντρωθεί στο τμήμα του μοντέλου ταμειακών ροών, που σχετίζεται με το κόστος, προσδιορίζοντας τις μεταβολές που θα προκύψουν από την εφαρμογή των καινοτομιών που θα επιφέρει το αυτόνομο πλοίο και συγκρίνοντας τα αποτελέσματα, με το κόστος λειτουργίας ενός συμβατικού πλοίου.

Προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα για τα αυτόνομα πλοία και τη λειτουργία τους, ακολουθείται μια μεθοδολογία σύγκρισης κόστους-οφέλους η οποία έχει ως εξής: Αρχικά,

αναπτύσσεται ένα μοντέλο κόστους για ένα συμβατικά επανδρωμένο πλοίο, το οποίο υπολογίζεται βάσει των μέσων τιμών κόστους της αγοράς, για τη λειτουργία ενός πλοίου μεταφοράς χύδην φορτίου. Ταυτόχρονα, παρά το πρώιμο στάδιο εφαρμογής, αλλά βάσει ορισμένων διαπιστωμένων αλλαγών που θα επέλθουν στο κόστος, αναπτύσσεται ένα μοντέλο κόστους και για το αυτόνομο πλοίο MUNIN.

Η χρονική αξία του χρήματος υπαγορεύει ότι ο χρόνος έχει αντίκτυπο στην αξία των ταμειακών ροών. Καθώς η διάρκεια λειτουργίας, ποικίλλει και επηρεάζεται κυρίως από τις τεχνικές εξελίξεις, τις κανονιστικές ρυθμίσεις, τις μεταβολές στις τιμές του scrapping, και την τρέχουσα κατάσταση της αγοράς, επιλέχθηκε μια λειτουργική διάρκεια ζωής 25 ετών και για τα δύο πλοία σύμφωνα με τις ηλικίες scrapping που παρατηρούνται επί του παρόντος στις αγορές πλοίων ξηρού φορτίου. Επίσης, προκειμένου να υπολογιστεί η καθαρή παρούσα αξία του κόστους για όλη τη διάρκεια ζωής των δύο πλοίων, είναι απαραίτητο να καθοριστεί μια κατάλληλη τιμή προεξοφλητικού επιτοκίου. Το επιτόκιο προεξόφλησης που επιλέχθηκε σε αυτή την ανάλυση ορίστηκε στο 8%, το οποίο είναι ελαφρώς χαμηλότερο από το τυπικό σταθμισμένο μέσο κόστος του κεφάλαιο στη ναυτιλία.

Τέλος, οι καθαρές παρούσες αξίες των δύο μοντέλων, υπολογίζονται και συγκρίνονται υπό το πρίσμα διαφορετικών σεναρίων, προκειμένου να εντοπιστούν οι διαφορές τους και να επιλεχθεί κάθε φορά η ευνοϊκότερη.

3.2.3 Μοντέλο κόστους για το συμβατικά επανδρωμένο πλοίο

Το συμβατικά επανδρωμένο πλοίο αναφοράς για την ανάλυση, είναι ένα πλοίο χύδην φορτίου, μεγέθους panamax. Η γέφυρα είναι επανδρωμένη ανά πάσα στιγμή, ενώ το μηχανοστάσιο είναι συνήθως μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι εργασίες συντήρησης πραγματοποιούνται συνεχώς από το πλήρωμα. Ο κύριος κινητήρας τροφοδοτείται από βαρύ μαζούτ (HFO) και οι βοηθητικοί κινητήρες λειτουργούν με πετρέλαιο ντίζελ (MDO). Τα στοιχεία του πλοίου αναφοράς συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2. Αναλυτικά στοιχεία του συμβατικά επανδρωμένου πλοίου
(Πηγή: Kretshmann and Rodseth, 2015)

Ship particular	Value
Length over all	230 m
Breadth	32 m
Design draught	14,5 m
Service speed	15,5 kn
Displacement	90,600 t
Main engine	10,230 kW

Προκειμένου να προσδιοριστεί το κόστος λειτουργίας των δύο πλοίων, απαιτείται ένα λειτουργικό προφίλ. Δεδομένα από μια συλλογή πλοίων με παρόμοιες προδιαγραφές χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό του ετήσιου προφίλ λειτουργίας τους. Τα δύο τρίτα των ημερών στη διέλευση της θάλασσας (216 ημέρες) θεωρείται ότι το πλοίο είναι φορτωμένο, ένα τρίτο των ημερών βρίσκεται σε κατάσταση έρματος (120 ημέρες), ενώ τις υπόλοιπες 29 ημέρες βρίσκεται σε διαδικασία ελιγμών.

3.2.3.1 Λειτουργικό κόστος

Το λειτουργικό κόστος αποτελείται από όλα τα έξοδα που συνεπάγεται η διατήρηση του πλοίου σε επιχειρησιακή κατάσταση. Για τον πλοιοκτήτη, οι δαπάνες αυτές είναι σταθερές (εκτός εάν το πλοίο είναι παροπλισμένο) και ανεξάρτητες από ένα συγκεκριμένο ταξίδι. Το λειτουργικό κόστος, είναι διαφορετικό για κάθε πλοίο ανάλογα με την πολιτική της εταιρείας, τη σημαία, τον τύπο πλοίου και την ηλικία. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την παρακάτω ανάλυση, συλλέχθηκαν για ένα μεγάλο αριθμό πλοίων μεγέθους panamax από σχετική μελέτη που διεξάχθηκε από τους Drewry.

- Κόστη πληρώματος: Το κόστος του πληρώματος αντιπροσωπεύει περίπου το 45% του λειτουργικού κόστους. Περιλαμβάνει πολλές άμεσες και έμμεσες δαπάνες όπως μισθούς, συντάξεις, κόστος σίτισης, εκπαίδευση, δαπάνες επαναπατρισμού, εισφορές κοινωνικής ασφάλισης κλπ. Οι μισθοί των πληρωμάτων για ένα πλοίο panamax υπολογίζονται σε 735.840 USD ετησίως. Καθοριστικός παράγοντας για το κόστος του πληρώματος είναι το επίπεδο επάνδρωσης στο πλοίο, το οποίο συνήθως αυξάνεται καθώς το πλοίο μεγαλώνει. Στον υπολογισμό του κόστους πληρώματος για το πλοίο αναφοράς, το πλήρωμα θεωρείται ότι αυξάνεται από 19 σε 22 κατά τη διάρκεια της επιχειρησιακής ζωής του πλοίου. Το πρόσθετο κόστος που σχετίζεται με το πλήρωμα υπολογίζεται στο 24% του κόστους του πληρώματος.

- Προμήθειες και αναλώσιμα: Αυτή η κατηγορία συνοψίζει το κόστος των αναλωσίμων που χρησιμοποιούνται στο πλοίο. Μπορούν να διακριθούν σε γενικές προμήθειες και λιπαντικά. Και τα δύο ποσά συνολικά ανέρχονται σε 288.836 USD ετησίως και κατά μέσο όρο, τα έξοδα αυτά αντιπροσωπεύουν περίπου το 14,3% του λειτουργικού κόστους.

- Επισκευές και συντήρηση: Το κόστος της τακτικής συντήρησης, καλύπτει τις τακτικές επισκευές που απαιτούνται για τη διατήρηση του σκάφους στα επίπεδα που απαιτεί η πολιτική της εταιρείας. Η τακτική συντήρηση και επισκευή του σκάφους μαζί με τα ανταλλακτικά καθορίζεται κατά μέσο όρο στα 268.151 USD ετησίως, ενώ θεωρείται ότι το κόστος τόσο για τη συντήρηση όσο και για τα ανταλλακτικά αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Τα έξοδα συντήρησης και επισκευής αντιπροσωπεύουν περίπου το 12,7% του λειτουργικού κόστους.

- Περιοδική συντήρηση: Εκτός από την τακτική συντήρηση, υπάρχει επίσης και η περιοδική συντήρηση. Η περιοδική συντήρηση συνήθως δεν αναφέρεται ως μέρος του λειτουργικού κόστους. Αφορά την καταβολή χρημάτων για την κάλυψη του κόστους από τον δεξαμενισμό του πλοίου και υπολογίζεται σε 420.000 USD ετησίως κατά μέσο όρο.

- Ασφάλιση: Το κόστος ασφάλισης, αναφέρεται στην ασφάλιση του ίδιου του περιουσιακού στοιχείου όσο αφορά το σκαρί του και τον μηχανολογικό εξοπλισμό, καθώς και στην ασφάλιση από ευρύτερους κινδύνους, συνήθως έναντι των απαιτήσεων τρίτων μερών. Κατά μέσο όρο, το κόστος ασφάλισης αντιπροσωπεύει περίπου το 15,2% του λειτουργικού κόστους, δηλαδή 312.780 USD. Είναι αρκετά πιθανό, το προφίλ κινδύνου των αυτόνομων πλοίων να είναι διαφορετικό από αυτό των συμβατικών πλοίων, άρα να υπάρχει και διαφοροποίηση ως προς τα ασφάλιστρα. Ωστόσο, ο κίνδυνος για τα αυτόνομα πλοία δεν θα είναι αναγκαστικά μεγαλύτερος, καθώς μπορεί να μειωθεί σε αποδεκτό επίπεδο με κατάλληλες τεχνικές λύσεις. Επιπλέον, στα αυτόνομα πλοία θα ελέγχεται το ανθρώπινο λάθος πολύ καλύτερα αφού ήταν βασική προϋπόθεση του έργου MUNIN να διασφαλιστεί ότι τα μη επανδρωμένα πλοία θα μπορούν να ταξιδεύουν σε διηπειρωτικό ταξίδι τουλάχιστον τόσο ασφαλή και αποτελεσματικά όσο και τα επανδρωμένα.

- Γενικό κόστος: Το γενικό κόστος συνοψίζει διάφορες δαπάνες που συνδέονται με τη διοίκηση και τη διαχείριση του πλοίου, συμπεριλαμβανομένων των τελών διαχείρισης, του κόστους επικοινωνίας με το κράτος σημαίας, κλπ. Στο μοντέλο αναφοράς το γενικό κόστος ανέρχεται σε 269.275 USD ετησίως. Αυτό αντιπροσωπεύει περίπου το 12,8% του λειτουργικού κόστους.

3.2.3.2 Κόστος ταξιδιού

Το κόστος ταξιδιού είναι το μεταβλητό κόστος που συνδέεται άμεσα με ένα συγκεκριμένο ταξίδι και αποτελείται από το κόστος καυσίμων για τις κύριες και τις βοηθητικές μηχανές, τα λιμενικά κόστη και τα κόστη διελεύσεων. Το ετήσιο κόστος καυσίμων καθορίζεται από την κατανάλωση καυσίμου, την τιμή καυσίμου, την απόδοση καυσίμου και τον τύπο καυσίμου που χρησιμοποιείται από το πλοίο. Τα λιμενικά κόστη περιλαμβάνουν διαφορετικά τέλη και χρεώσεις που σχετίζονται με τις υπηρεσίες που λαμβάνει το πλοίο στο κάθε λιμάνι και εξαρτώνται από την τιμολογιακή πολιτική του λιμένα.

- Τιμή καυσίμου: Είναι σύνηθες, μόνο το κόστος των καυσίμων, να αντιπροσωπεύει περίπου το 50% έως και το 70% του συνολικού κόστους απόκτησης και εκμετάλλευσης ενός πλοίου. Κατά συνέπεια, οι μεταβολές στις τιμές των καυσίμων έχουν τεράστιο αντίκτυπο στο κόστος λειτουργίας ενός πλοίου. Οι τιμές των καυσίμων που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση αυτή, βασίζονται σε εκτιμήσεις της τιμής του αργού πετρελαίου και κατ' επέκταση και του HFO και του MDO, καθώς είναι αδύνατο να προβλεφθεί η εξέλιξη των τιμών τους στο μέλλον. Ταυτόχρονα, η μεγάλη μεταβλητότητα των τιμών των καυσίμων στο πρόσφατο παρελθόν καθιστά ακόμη πιο δύσκολη την κατάσταση. Προκειμένου τα αποτελέσματα της ανάλυσης να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, εκτός από ένα σενάριο το οποίο υποθέτει ότι η τιμή του αργού πετρελαίου θα είναι κατά προσέγγιση στα 125 USD/βαρέλι το 2035, καθορίζονται δύο επιπλέον σενάρια: ένα σενάριο με 20% χαμηλότερη τιμή και ένα σενάριο όπου η τιμή είναι 20% πάνω από το βασικό σενάριο.

Πίνακας 3. Σενάρια της μελλοντικής διακύμανσης των τιμών του πετρελαίου (Πηγή:¨Kretshmann and Rodseth, 2015)

Fuel price [USD/ton]	HFO	Crude oil	MDO
Low scenario	527	753	866
Reference scenario	659	941	1,082
High scenario	790	1,129	1,299

- Κόστος καυσίμων/ Κύριος κινητήρας: Για να υπολογιστεί το κόστος καυσίμων, εκτός από την τιμή τους, απαιτείται η παραδοχή σχετικά με την ετήσια κατανάλωση καυσίμου από τα πλοία. Ο τύπος καυσίμου είναι HFO όταν το πλοίο βρίσκεται στην ανοιχτή θάλασσα και MDO κατά τη διάρκεια ελιγμών κοντά στην ξηρά, εξαιτίας αυστηρότερων περιβαλλοντικών προτύπων που απαιτούν καύσιμα υψηλής ποιότητας, ειδικά σε περιοχές ελεγχόμενες από

εκπομπές θείου. Η κατανάλωση καυσίμου καθορίζεται για έναν συγκεκριμένο τύπο κινητήρα και υπολογίζεται στα 182,5 g/kWh. Για το πλοίο που ταξιδεύει έμφορτο, σε υπηρεσιακή ταχύτητα, αυτό το άθροισμα ανέρχεται σε κατανάλωση καυσίμου 38 τόνων την ημέρα. Σε κατάσταση έρματος, η κατανάλωση καυσίμου αναμένεται να είναι μικρότερη, με 26 τόνους την ημέρα.

- Κόστος καυσίμων/ Βοηθητικοί κινητήρες: Για λόγους συγκρισιμότητας, τόσο το αυτόνομο όσο και το συμβατικό πλοίο βασίζονται σε ένα βοηθητικό σύστημα κινητήρα που αποτελείται από γεννήτριες ντίζελ για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος καυσίμων που συνδέεται με αυτό το βοηθητικό σύστημα καθορίζεται από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας επί του σκάφους, την ειδική κατανάλωση καυσίμου και τον τύπο καυσίμου που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία των γεννητριών ντίζελ. Ο τύπος καυσίμου στην περίπτωση αυτή είναι MDO. Η ειδική κατανάλωση καυσίμου καθορίζεται για ένα τυποποιημένο σύνολο γεννητριών και υπολογίζεται στα 213,1 g/kWh. Προκειμένου να διατηρηθούν τα πράγματα απλά σε αυτό το σημείο, δεν γίνεται διάκριση μεταξύ διαφορετικών σημείων λειτουργίας όσον αφορά την ειδική κατανάλωση καυσίμου. Από την άλλη πλευρά, γίνονται διαφορετικοί υπολογισμοί για την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το πλοίο(σε κατάσταση αναμονής, κατά τη διάρκεια ελιγμών, κατά την θαλάσσια διέλευση). Βάσει των ανωτέρω, η κατανάλωση καυσίμου ημερησίως υπολογίζεται σε δύο τόνους MDO για το πλοίο κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Το κόστος καυσίμου του βοηθητικού κινητήρα υπολογίζεται στο 10,4% του κόστους ταξιδιού.

- Κόστος λιμένων: Το κόστος αυτό, είναι το τελευταίο στοιχείο του κόστους ταξιδιού που λαμβάνεται υπόψιν σε αυτήν την ανάλυση. Οι πρακτικές χρέωσης ποικίλλουν σημαντικά από το ένα λιμάνι στο άλλο, οπότε είναι δύσκολο να καταλήξουμε σε μια λογική εκτίμηση για τα τέλη ελλιμενισμού, χωρίς να καθορίσουμε μια σειρά από ταξίδια και, κατά συνέπεια, λιμάνια για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Σε ένα παράδειγμα του ο Stopford, δίνει τέλη λιμένων 147.000 USD για ένα ταξίδι από την Αυστραλία στην Ευρώπη. Σε ένα άλλο παράδειγμα, το κόστος κλήσης ανά λιμένα για φορτηγά πλοία αναφέρεται ότι κυμαίνεται μεταξύ 35.000 και 40.000 USD. (Stopford, 2009) Λαμβάνοντας υπόψιν, τα δρομολόγια μεταξύ Ευρώπης και Νότιας Αμερικής με χρόνο ταξιδιού 14 ημερών ως αναφορά, όπως προβλέπεται στο σχέδιο MUNIN, το πλοίο αναμένεται να έχει 15 κλήσεις ετησίως. Συνεπώς στην ανάλυση, χρησιμοποιείται ένα μέσο κόστος λιμενικών κλήσεων, το οποίο υπολογίζεται στα 100.000 USD. Το κόστος αυτό αντιστοιχεί περίπου στο 16,3% του κόστους ταξιδιού.

3.2.3.3 Κόστος κεφαλαίου

Το κόστος κεφαλαίου αποτελείται από όλα τα έξοδα που σχετίζονται με την αγορά του πλοίου. Περιλαμβάνει εκτός από τα ίδια κεφάλαια που έχουν επενδυθεί αρχικά, και τα επιπλέον έξοδα που επωμίζεται ο πλοιοκτήτης, με τη μορφή τακτικών πληρωμών τόκων και εξοφλήσεων. Ωστόσο, σε αυτή την ανάλυση, τα κόστη κεφαλαίου θεωρούνται ως εφάπαξ πληρωμή κατά την έναρξη χρήσης του πλοίου και μπορούν να θεωρηθούν ως η προεξοφλημένη αξία όλων των πληρωμών που συνδέονται με την αγορά (και την πώληση) του πλοίου. Για να γίνει μια εκτίμηση του κεφαλαιουχικού κόστους για το πλοίο αναφοράς, λαμβάνονται υπόψιν οι τιμές των νεότευκτων πλοίων χύδην φορτίου, τύπου panamax για την περίοδο 2002 έως και 2013. Μπορεί να διαπιστωθεί ότι οι εν λόγω τιμές ήταν πολύ ασταθείς στο πρόσφατο παρελθόν και δεν υπάρχει καμία βεβαιότητα για το πώς αυτές θα εξελιχθούν μελλοντικά. Για τον λόγο αυτό, το κόστος κεφαλαίου του συμβατικού πλοίου ορίζεται για την ανάλυση, ως η μέση τιμή αγοράς ενός πλοίου για την προαναφερθείσα περίοδο. Το κόστος αυτό είναι περίπου στα 34 εκατ. USD και παρόλο που είναι αρκετά υψηλό, θεωρείται εύλογο, καθώς το πρόσθετο κόστος, όπως το κόστος χρηματοδότησης, δεν εκτιμάται ξεχωριστά.

Στο παρακάτω διάγραμμα συνοψίζονται οι καθαρές παρούσες αξίες όπως υπολογίσθηκαν σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, για το λειτουργικό κόστος, το κόστος ταξιδιού και το κεφαλαιουχικό κόστος για το συμβατικά επανδρωμένο πλοίο της ανάλυσής μας.

Πίνακας 4. Οι ΚΠΑ του κόστους για ένα συμβατικά επανδρωμένο πλοίο (Πηγή: Kretshmann and Rodseth, 2015)

NPV of cost over lifetime	in mUSD	in %
Operating cost	25.9	16
Voyage cost	98.5	62
Capital cost	34.0	21
Total cost	158.4	100

3.2.4 Μοντέλο κόστους για το αυτόνομο πλοίο

Σε αυτή την ενότητα προσδιορίζονται εκ νέου το λειτουργικό κόστος, το κόστος ταξιδιού και το κόστος κεφαλαίου για ένα αυτόνομο πλοίο, καθώς η εξοικονόμηση κόστους που συνδέεται με τον συγκεκριμένο τύπο πλοίου δεν έγκειται μόνο στην εξάλειψη ή τη μείωση του πληρώματος αλλά σε πλήθος μεταβολών που θα επιφέρει ο σχεδιασμός και η λειτουργία του.

3.2.4.1 Λειτουργικό κόστος

- Κόστη πληρώματος: Οι μισθοί του πληρώματος καθώς και άλλα έξοδα σχετικά με το πλήρωμα, δεν αποτελούν παράγοντα κόστους για ένα αυτόνομο πλοίο. Πρόκειται για μια μέση εξοικονόμηση 945.000 USD ετησίως ενώ μπορούμε να προσθέσουμε επιπλέον σε αυτά, στοιχεία κόστους που συνδέονται με γενικές προμήθειες, όπως είναι τα φάρμακα, ο εξοπλισμός ασφαλείας κλπ., τα οποία ανέρχονται κατά μέσο όρο στα 23.000 USD ετησίως. Ταυτόχρονα, μειώνεται και η ανάγκη για ανταλλακτικά και έξοδα συντήρησης για τον κλιματισμό, την θέρμανση και τον εξαερισμό καθώς και για τις σωσίβιες λέμβους δεδομένου ότι το πλήρωμα δεν ζει πλέον επί του σκάφους για παρατεταμένες χρονικές περιόδους. Συνολικά, αυτά τα κόστη αντιστοιχούν σε μια εκτιμώμενη εξοικονόμηση 44.000 USD κατά μέσο όρο ετησίως.

- Κέντρο ελέγχου στην ξηρά: Το σχέδιο του αυτόνομου πλοίου που αναπτύχθηκε στο έργο MUNIN, συνδέεται με ένα νέο παράγοντα κόστους. Καθώς το πλήρωμα μετατοπίζεται από το πλοίο στην ακτή, πρέπει να ληφθούν υπόψιν τα πρόσθετα έξοδα που απαιτούνται για τις χερσαίες υπηρεσίες. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ένα κέντρο ελέγχου θα μπορεί να παρακολουθεί 90 πλοία ταυτόχρονα. Έπειτα από λεπτομερή ανάλυση, βρέθηκε ότι χρειάζονται συνολικά 169 εργαζόμενοι για την ορθή λειτουργία του, οι μισθοί των οποίων ανέρχονται σε 10.4 εκατ. USD ανά έτος και 116.000 USD ανά πλοίο. Εκτός από το κόστος προσωπικού, υπάρχουν πολλά επενδυτικά και λειτουργικά έξοδα που συνδέονται με τη δημιουργία και τη λειτουργία του κέντρου ελέγχου ξηράς. Σε αυτή την ανάλυση εξετάζεται το κόστος του εξοπλισμού (π.χ. αίθουσες καταστάσεων, λογισμικό, υλικό, εξοπλισμό γραφείου) και το ετήσιο κόστος όσον αφορά τη μίσθωση χώρων γραφείων και λειτουργικών εξόδων (π.χ. τροφοδοτικό, λογισμικό, κόστος εκπαίδευσης) ενώ θεωρείται ότι το αυτόνομο πλοίο είναι μια καθιερωμένη έννοια και συνεπώς υπάρχει μια αγορά εργασίας για τους υπαλλήλους ενός κέντρου ελέγχου ξηράς και δεν απαιτείται ειδική επιμόρφωση στην αρχή της απασχόλησης τους. Συνολικά, το κόστος επένδυσης ανέρχεται σε 2.1 εκατ. USD και τα λειτουργικά κόστη ανά έτος ανέρχονται σε 873.957 USD.

- Υπηρεσίες συντήρησης στο λιμάνι: Οι απαραίτητες επισκευές στο αυτόνομο πλοίο θα πραγματοποιούνται ενώ το πλοίο βρίσκεται στο λιμάνι και μια κατάλληλα επιλεγμένη ομάδα επιβίβασης θα είναι υπεύθυνη για τη συντήρηση του κινητήρα, των βοηθητικών μηχανών, των ηλεκτρικών συστημάτων, των συστημάτων αυτοματισμού κ.λπ. Για το χρόνο που το πλοίο βρίσκεται σε αγκυροβόλιο ή σε αναμονή (120 από τις 365 ημέρες), αυτό το πλήρωμα επιβίβασης θα θεωρείται ότι έχει προσληφθεί. Οι μισθοί για τα μέλη της ομάδας επιβίβασης υπολογίζονται σε 135.281 USD.

3.2.4.2 Κόστος ταξιδιού

- Μειωμένη κατανάλωση καυσίμων: Όπως αποδείχτηκε στην προηγούμενη ενότητα, το κόστος ταξιδιού κυριαρχείται από το κόστος καυσίμων. Το αυτόνομο πλοίο σύμφωνα με μελέτες ειδικών, χάρη στο μικρότερο βάρος, το σύστημα πρόωσης με σχεδιασμό δύο κινητήρων και τη μειωμένη αντίσταση του αέρα θα έχει αυξημένη απόδοση καυσίμου και κατ' επέκταση μειωμένη κατανάλωση έως και περίπου 6%. Σε σύγκριση με άλλες εκτιμήσεις πιθανής εξοικονόμησης καυσίμου για αυτόνομα πλοία π.χ. 12 έως 15% αυτό αποτελεί μάλλον συντηρητική εκτίμηση. Παράλληλα, λόγω των υψηλών κινδύνων και των τεχνικών προκλήσεων που δημιουργεί η χρήση του HFO ως κύριου καυσίμου, η τεχνικά καλύτερη και απλούστερη λύση για το αυτόνομο πλοίο διαπιστώθηκε ότι αποτελεί η χρήση του MDO. Παρόλα αυτά, η χρήση του σε ένα αυτόνομο πλοίο θα είχε σοβαρές επιπτώσεις στο κόστος ταξιδιού λόγω της υψηλότερης τιμής του σε σύγκριση με το HFO.

- Αντίσταση του αέρα: Τα αυτόνομα πλοία δεν θα χρειάζεται να διαθέτουν χώρους στέγασης και εγκαταστάσεις καταστρώματος, όπως συμβαίνει σήμερα στα συμβατικά πλοία, εφόσον δεν θα υπάρχει πλήρωμα. Αυτό θα καταστήσει εφικτούς νέους και αποδοτικότερους σχεδιασμούς πλοίων που θα επηρεάζονται λιγότερο από την αντίσταση του αέρα. Η αντίσταση του αέρα είναι βασικά συνάρτηση της ταχύτητας του πλοίου και της επιφάνειας πάνω από την ίσαλο γραμμή. Συνήθως, η αντίσταση αυτή αντιπροσωπεύει περίπου το 2% της συνολικής αντίστασης του πλοίου αλλά πιθανόν να αυξάνεται πολύ περισσότερο όταν υπάρχουν μετωπικοί άνεμοι. Σε περίπτωση που μειωθεί η επιφάνεια ενός αυτόνομου πλοίου που εκτίθεται στον αέρα, θα μειωθεί η αντίσταση του και κατά συνέπεια, η κατανάλωση καυσίμου θα είναι χαμηλότερη περίπου 1%.

- Βάρος του πλοίου: Το γεγονός ότι τα αυτόνομα πλοία θα καταστήσουν δυνατή την κατασκευή νέων πλοίων, χωρίς δομή καταστρώματος όπως στα σημερινά πλοία, θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του βάρους του πλοίου και κατ' επέκταση την μείωση στην κατανάλωση καυσίμου. Το βάρος των χώρων στέγασης, του εξοπλισμού, των καταλυμάτων και άλλων συστημάτων όπως π.χ. σωσίβιες σχεδίες, συστήματα επεξεργασίας λυμάτων, κλιματισμός, δεξαμενές γλυκού νερού εκτιμάται ότι θα μειώσει το βάρος του αυτόνομου πλοίου περίπου 7,6%. Το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί σε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά 2,6%.

- Ξενοδοχειακό σύστημα: Το τρίτο στοιχείο που μεταβάλλεται από την αφαίρεση των ξενοδοχειακών συστημάτων είναι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για το αυτόνομο πλοίο, κατά τη διάρκεια του ταξιδιού, αναμένεται να

είναι το 60% της κατανάλωσης που υπολογίστηκε για το συμβατικό πλοίο προηγουμένως. Αυτό το ποσοστό κατανάλωσης, αντιστοιχεί σε μείωση 154 kW για την συγκεκριμένη λειτουργική κατάσταση αλλά χάριν ευκολίας και για τις άλλες λειτουργικές καταστάσεις θεωρείται ίση η μείωση. Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω στοιχεία συνδυαστικά μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η κατανάλωση καυσίμου των βοηθητικών μηχανών θα μειωθεί κατά 33%.

- Πλήρωμα επιβίβασης: Η αρχική ιδέα του έργου MUNIN, παρά την ικανότητα του πλοίου να ταξιδεύει χωρίς πλήρωμα στην ανοιχτή θάλασσα, προέβλεπε την ύπαρξη ενός πληρώματος επιβίβασης, προκειμένου να εκτελούνται οι διαδικασίες του πιλοταρίσματος και της πρόσδεσης. Το MUNIN έχει αναπτύξει αρκετές ιδέες για το πώς θα μπορούσαν να αποστέλλονται τα πληρώματα επιβίβασης στο μέλλον. Οι επιλογές περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων, την μεταφορά του πληρώματος με ελικόπτερο, με σκάφος ή τον τηλεχειρισμό του πλοίου από ένα άλλο πιλοτικό σκάφος / ρυμουλκό. Φυσικά αυτό αποτελεί μια πρόσθετη υπηρεσία που ένα συμβατικό πλοίο δεν απαιτεί. Επειδή, οι έννοιες για τη μεταφορά του πληρώματος δεν έχουν μελετηθεί σε βαθμό ο οποίος θα επέτρεπε μια ακριβή εκτίμηση του σχετικού κόστους, για την παρούσα ανάλυση θα πρέπει να γίνει η υπόθεση ότι τα λιμενικά έξοδα θα είναι κατά 20% υψηλότερα για τα αυτόνομα πλοία, το οποίο αντιστοιχεί σε επιπλέον 20.000 USD ανά κλήση.

3.2.4.3 Κόστος κεφαλαίου

Τα κόστη κεφαλαίου, καθορίζονται από το κόστος χρηματοδότησης, και από την τιμή αγοράς του νεότευκτου πλοίου. Δεδομένου ότι η τιμή του νεότευκτου πλοίου επηρεάζεται από τις δυνάμεις της αγοράς, και επομένως είναι δύσκολο να προσδιοριστεί εκ των προτέρων, το κόστος παραγωγής είναι ένας καλύτερος δείκτης για την εκτίμηση της διαφοράς στο κόστος κεφαλαίου, μεταξύ των συμβατικών και των αυτόνομων πλοίων.

Εκ πρώτης όψεως, δύο είναι τα κύρια χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν τους δύο τύπους πλοίων της μελέτης ως προς το κόστος. Από τη μια πλευρά, στο αυτόνομο πλοίο δεν απαιτούνται πλέον συστήματα που υπήρχαν έως τώρα στα συμβατικά πλοία προκειμένου να εξυπηρετούν το πλήρωμα. Κατά συνέπεια, μειώνεται το κόστος υλικών και παραγωγής για το κατάστρωμα όπως βρίσκεται στα σημερινά πλοία καθώς και το κόστος για το ξενοδοχειακό σύστημα (κλιματισμός, νερό, αποχέτευση κ.λπ.). Από την άλλη πλευρά, το αυτόνομο πλοίο απαιτεί νέα συστήματα. Για την ασφαλή λειτουργία του, το πλοίο πρέπει να είναι εξοπλισμένο

με ειδική αυτόνομη τεχνολογία πλοίου και να διαθέτει πλεονασμό ορισμένων τεχνικών συστημάτων (π.χ. επικοινωνία, ηλεκτρικό σύστημα, πρόωση). Αυτά όπως είναι λογικό θα αυξήσουν το κόστος παραγωγής του πλοίου και κατά συνέπεια το κόστος κεφαλαίου.

Προκειμένου να εκτιμηθεί το κεφαλαιουχικό κόστος ενός αυτόνομου πλοίου και να προσδιοριστεί κατά πόσο αυτό θα διαφέρει από αυτό ενός συμβατικού, είναι απαραίτητη η ακριβής εκτίμηση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης κόστους και οι ενδεχόμενες πρόσθετες δαπάνες. Δυστυχώς όμως, δεν υπάρχει πλήρης σχεδιασμός του αυτόνομου πλοίου για το έργο MUNIN και συνεπώς δεν έχουμε ακριβή οικονομικά στοιχεία.

Κοιτάζοντας τα σχέδια των δύο πλοίων, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι το κόστος παραγωγής ενός αυτόνομου πλοίου είναι πιθανώς υψηλότερο από ό, τι ενός συμβατικού πλοίου, αλλά όχι σημαντικά. Τα έξοδα του ξενοδοχειακού συστήματος αντιπροσωπεύουν περίπου το 5% του συνολικού κόστους ή 1,7 εκατ. USD για το πλοίο της ανάλυσής μας. Η εικόνα είναι κάπως παρόμοια όσον αφορά το πρόσθετο κόστος των τεχνικών συστημάτων επί του σκάφους. Ωστόσο, σε ολόκληρο το πρόγραμμα MUNIN, ορισμένοι επαγγελματίες έχουν εκφράσει την προσδοκία ότι το κόστος παραγωγής για τα αυτόνομα πλοία ενδέχεται να είναι χαμηλότερο από ό,τι για ένα συμβατικό πλοίο. Παρά ταύτα, για τα δεδομένα της ανάλυσής μας, τα έξοδα κεφαλαίου του αυτόνομου πλοίου ορίζονται ως το 110% των κεφαλαιουχικών δαπανών που απαιτούνται για την ναυπήγηση του συμβατικού.

3.2.5 Μελέτη περιπτώσεων

Σε αυτή την ενότητα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα πέντε διαφορετικών σεναρίων, προκειμένου να καλυφθεί ένα εύρος περιπτώσεων που ενδέχεται να συμβούν στο μέλλον. Η σύγκριση του συμβατικού με το αυτόνομο πλοίο για κάθε σενάριο γίνεται όπως αναφέρθηκε και στην αρχή της ενότητας, υπολογίζοντας την καθαρή παρούσα αξία για μια περίοδο λειτουργίας 25 ετών.

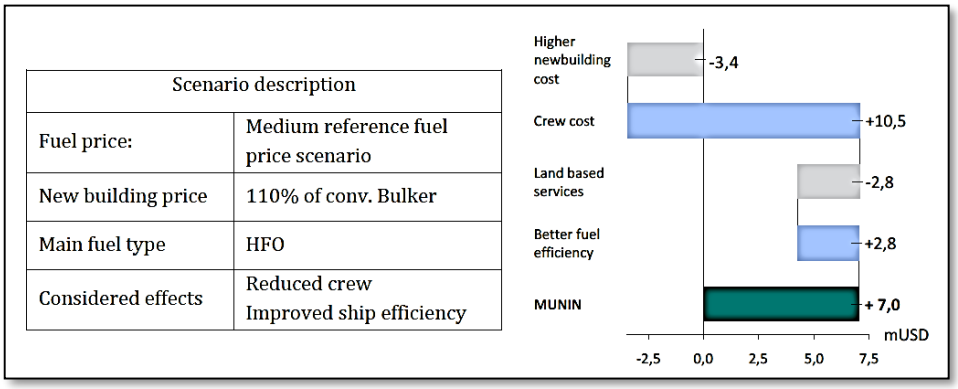
3.2.5.1 Βασικό Σενάριο

Στο βασικό σενάριο, χρησιμοποιήθηκαν υποθέσεις και δόθηκαν ενδεικτικές τιμές οι οποίες θεωρήθηκαν ως οι πιο λογικές και αναμενόμενες να συμβούν στο μέλλον. Οι τιμές των καυσίμων σε αυτό το σενάριο, ακολουθούν την περίπτωση της μεσαίας τιμής καυσίμων και η τιμή ναυπηγήσεως του αυτόνομου πλοίου καθορίζεται στο 110% της τιμής ναυπηγήσεως ενός

συμβατικού πλοίου. Τόσο το αυτόνομο πλοίο, όσο και το συμβατικό, χρησιμοποιούν HFO ως κύριο καύσιμο. Το σενάριο, εξετάζει τα αποτελέσματα του μειωμένου πληρώματος καθώς και τα αποτελέσματα της βελτιωμένης απόδοσης καυσίμου.

Σε μια περίοδο 25 ετών, το πλοίο του MUNIN, βελτιώνει την αναμενόμενη παρούσα αξία κατά 7 εκατ. USD σε σύγκριση με το συμβατικό πλοίο. Το μειωμένο κόστος του πληρώματος συμβάλλει αρκετά στη συνολική θετική παρούσα αξία καθώς οι μέσες ετήσιες δαπάνες για το πλοίο MUNIN, είναι χαμηλότερες από τις δαπάνες για το συμβατικό πλοίο κατά 1 εκατ. USD. Αυτό αντιστοιχεί σε μείωση των μέσων ετήσιων δαπανών κατά 8,6%.

Παράλληλα, προκειμένου να εκτιμηθεί ο αντίκτυπος της τιμής καυσίμου στην παρούσα αξία, καθορίστηκαν δύο επιπλέον σενάρια τιμών καυσίμων. Στο υψηλό σενάριο, η τιμή καυσίμου καθορίστηκε στο 120% της τιμής του κυρίως σεναρίου και στο χαμηλό σενάριο η τιμή καυσίμου καθορίστηκε στο 80% της τιμής του κυρίως σεναρίου. Βάσει των εναλλακτικών τιμών των καυσίμων, παρατηρήθηκε ότι όσο χαμηλότερη είναι η τιμή του καυσίμου, τόσο υψηλότερη είναι η αναμενόμενη παρούσα αξία του αυτόνομου πλοίου. Το σχήμα που ακολουθεί, δείχνει την δομή κόστους των δύο πλοίων.



Scenario description	
Fuel price:	Medium reference fuel price scenario
New building price	110% of conv. Bulker
Main fuel type	HFO
Considered effects	Reduced crew Improved ship efficiency

Γράφημα 5. Απεικόνιση αποτελεσμάτων για το βασικό σενάριο (Πηγή: Kretshmann and Rodseth, 2015)

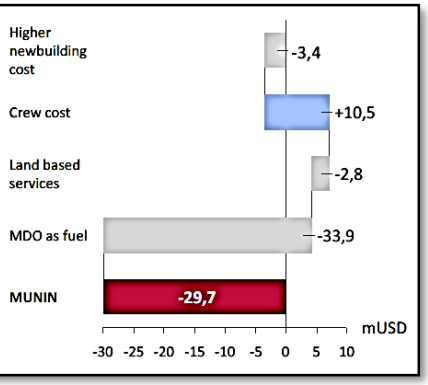
3.2.5.2 Σενάριο MDO

Το δεύτερο σενάριο, αποτυπώνει τον τεχνικό επανασχεδιασμό του αυτόνομου πλοίου, ώστε να χρησιμοποιείται το MDO ως καύσιμο των κύριων μηχανών του, αντί για το HFO. Το συμβατικό πλοίο από την άλλη πλευρά, συνεχίζει να χρησιμοποιεί το HFO ως κύριο καύσιμο. Όλα τα υπόλοιπα δεδομένα, είναι ίδια με το βασικό σενάριο.

Δεν προκαλεί έκπληξη, το γεγονός ότι το υψηλό κόστος του MDO σε σύγκριση με του HFO, έχει σημαντικό αντίκτυπο στην αποδοτικότητα του αυτόνομου πλοίου. Το σχήμα στη

συνέχεια, δείχνει πώς η δομή κόστους του αυτόνομου πλοίου, διαφέρει από εκείνη ενός συμβατικού, καθώς όπως φαίνεται δημιουργείται μια αρνητική παρούσα αξία, ύψους 29,7 εκατ. USD. Προκειμένου η επένδυση αυτή να μπορέσει να δικαιολογηθεί, και να αντισταθμιστεί η υψηλότερη τιμή του MDO, θα πρέπει το αυτόνομο πλοίο, είτε να αυξήσει την αποδοτικότητα των καυσίμων του κατά 27% σε σύγκριση με το συμβατικό πλοίο είτε εναλλακτικά, η τιμή του MDO σε σύγκριση με του HFO να μειωθεί περίπου 12%.

Scenario description	
Fuel price:	Medium reference fuel price scenario
New building price	110% of conv. Bulker
Main fuel type	**MDO**
Considered effects	Reduced crew Improved ship efficiency

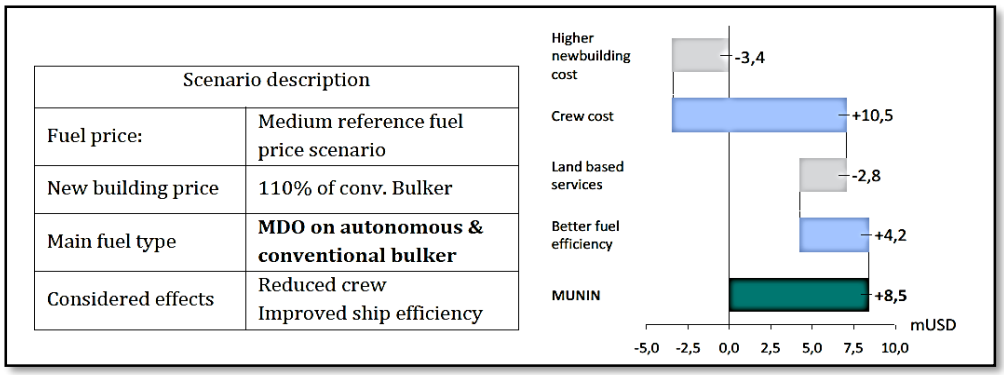


Γράφημα 6. Απεικόνιση αποτελεσμάτων για το σενάριο MDO
(Πηγή: Kretshmann and Rodseth, 2015)

3.2.5.3 Σενάριο MDO & MDO

Το τρίτο σενάριο, αντιπροσωπεύει ένα φανταστικό μέλλον όπου η χρήση του HFO ως καύσιμο πλοίων δεν επιτρέπεται πλέον λόγω ορισμένων περιβαλλοντικών κανονισμών ή δεν επιτρέπεται αποκλειστικά σε περιοχές ελέγχου εκπομπών θείου, π.χ. για τα πλοία μικρών αποστάσεων. Συνεπώς, τόσο το συμβατικό όσο και το αυτόνομο πλοίο, βασίζονται στο MDO ως κύριο καύσιμο.

Σε μια περίοδο 25 ετών, το πλοίο MUNIN βελτιώνει την καθαρή παρούσα αξία κατά 8,5 εκατ. USD σε σύγκριση με το συμβατικό πλοίο της μελέτης. Επίσης, η καθαρή παρούσα αξία σε αυτό το σενάριο είναι ελαφρώς υψηλότερη από την υψηλή τιμή καυσίμου του βασικού σεναρίου, που συζητήθηκε παραπάνω. Το σχήμα δείχνει πώς η δομή κόστους του αυτόνομου σκάφους διαφέρει από εκείνη ενός συμβατικού πλοίου.

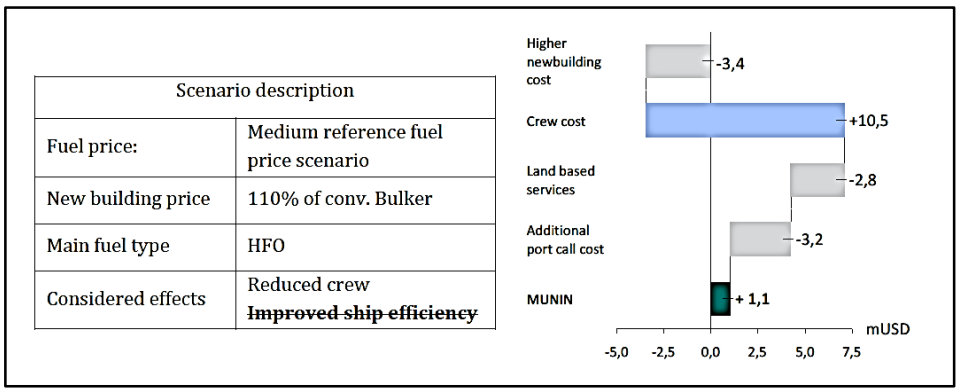


Γράφημα 7. Απεικόνιση αποτελεσμάτων για το σενάριο MDO&MDO
(Πηγή: Kretshmann and Rodseth, 2015)

3.2.5.4 Σενάριο μειωμένου πληρώματος

Το σενάριο του μειωμένου πληρώματος, ceteris paribus, δεν λαμβάνει υπόψιν τα αποτελέσματα της βελτιωμένης απόδοσης καυσίμου του αυτόνομου πλοίου. Χρησιμοποιείται αποκλειστικά, για να εξετασθεί εάν η μετατόπιση του πληρώματος από το πλοίο στην ακτή, επαρκεί για την κάλυψη των αναμενόμενων αυξήσεων του κόστους των νέων κατασκευών των πλοίων και το πρόσθετο κόστος που συνδέεται με τις νέες λιμενικές υπηρεσίες.

Κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 25 ετών, το πλοίο MUNIN βελτιώνει την καθαρή παρούσα αξία κατά 1,1 εκατ. USD περισσότερο, σε σύγκριση με το συμβατικό πλοίο αναφοράς όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.

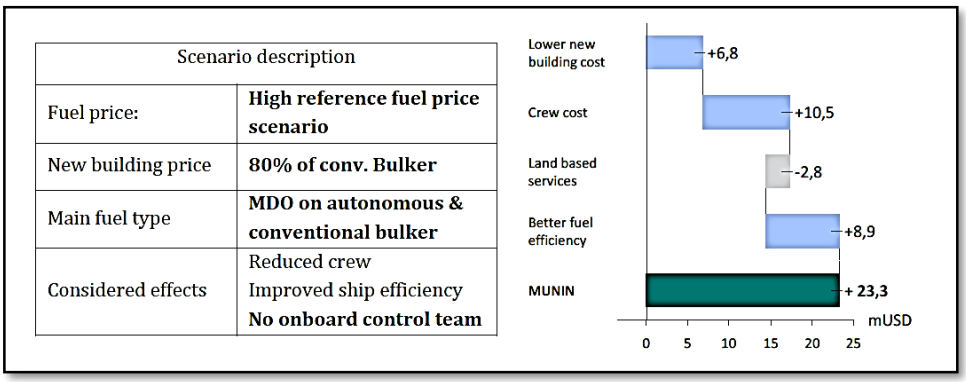


Γράφημα 8. Απεικόνιση αποτελεσμάτων για το σενάριο μειωμένου πληρώματος
***(Πηγή: Kretshmann and Rodseth,* 2015)**

3.2.5.5 Βέλτιστο σενάριο

Το βέλτιστο σενάριο, συνδυάζει μια σειρά από τις πιο αισιόδοξες παραδοχές, προκειμένου να εντοπιστεί ποια είναι η μέγιστη καθαρή παρούσα αξία του αυτόνομου πλοίου σε περίπτωση που πραγματοποιηθούν όλα υπέρ του εγχειρήματος. Για να ληφθεί υπόψιν η προσδοκία ορισμένων μερών, ότι το κόστος παραγωγής ενός αυτόνομου πλοίου θα είναι χαμηλότερο από ό,τι για ένα συμβατικό, το κόστος του αυτόνομου πλοίου καθορίζεται στο 80% του πλοίου αναφοράς. Τόσο το αυτόνομο όσο και το συμβατικό πλοίο χρησιμοποιούν το MDO ως κύριο καύσιμο, ενώ η τιμή του καθορίζεται στην υψηλότερη πιθανή εκτίμηση που ορίστηκε στην αρχή. Εκτός από την βελτιωμένη απόδοση καυσίμου και το μειωμένο πλήρωμα, αυτό το σενάριο υποθέτει ότι η αυτόνομη τεχνολογία πλοίων θα εξελίσσεται σε κάποιο βαθμό ώστε η ομάδα επιβίβασης, να μην χρειάζεται πλέον για το πιλοτάρισμα και την πρόσδεση του.

Στο βέλτιστο σενάριο, το πλοίο MUNIN βελτιώνει την καθαρή παρούσα αξία σε διάστημα 25 ετών κατά 23,3 εκατ. USD σε σύγκριση με το συμβατικό πλοίο. Το σχήμα δείχνει πώς η δομή κόστους του αυτόνομου πλοίου διαφέρει από εκείνη ενός συμβατικού.



Scenario description	
Fuel price:	**High reference fuel price scenario**
New building price	**80% of conv. Bulker**
Main fuel type	**MDO on autonomous & conventional bulker**
Considered effects	Reduced crew Improved ship efficiency **No onboard control team**

Γράφημα 9. Απεικόνιση αποτελεσμάτων για το βέλτιστο σενάριο (Πηγή: Kretshmann and Rodseth, 2015)

3.2.5.6 Σενάριο B0

Το σενάριο B0, επελέγη ως ένα ενδιάμεσο στάδιο στην πορεία προς την πλήρη, αυτόνομη ναυτιλία. Βασίζεται στην υπόθεση, ότι οι αυτοματισμοί στα συστήματα πλοήγησης θα εξελιχθούν σύντομα, και ότι ορισμένες τυποποιημένες καταστάσεις μπορούν ήδη να αντιμετωπιστούν αυτόματα. Το πλήρωμα της γέφυρας, καθώς και το πλήρωμα του μηχανοστασίου θα εργάζονται μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Κατά τη διάρκεια των φάσεων που η γέφυρα δεν είναι επιτηρούμενη, το πλοίο θα παρακολουθείται από το κέντρο

ελέγχου στην ξηρά. Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, θα υπάρχει ένας συναγερμός που θα καλεί τον υπεύθυνο υπηρεσίας στη γέφυρα. Το μοντέλο του αυτόνομου πλοίου που αναλύθηκε παραπάνω, εφαρμόζεται εν μέρει μόνο στο σενάριο B0. Από πλευρά κόστους, η υιοθέτηση αυτού του σεναρίου, έχει τρεις κύριες επιπτώσεις:

- Δεδομένου ότι το πλήρωμα της γέφυρας θα εργάζεται μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο αριθμός των αξιωματικών του πληρώματος μπορεί να μειωθεί, γεγονός που θα μειώσει και το λειτουργικό κόστος.
- Σε περιόδους κατά τις οποίες η γέφυρα είναι αφύλακτη, το πλοίο παρακολουθείται από μια οντότητα που βρίσκεται στην ακτή, συγκρίσιμη με το κέντρο ελέγχου ξηράς που αναπτύχθηκε για το αυτόνομο πλοίο. Το κέντρο ελέγχου στο σενάριο B0 παρόλο που έχει μειωμένες λειτουργίες και παρακολουθεί την κατάσταση του πλοίου μόνο κατά τη διάρκεια της νύχτας, πρέπει να καταβάλει μισθούς στους αξιωματικούς του κέντρου ελέγχου.
- Για την αντιμετώπιση των τυποποιημένων καταστάσεων, τα συστήματα πλοήγησης θα πρέπει να είναι πιο εξελιγμένα από τα σημερινά, και να διαθέτουν λειτουργίες που δεν αποτελούν μέρος των συμβατικών συστημάτων πλοήγησης (π.χ. επιτήρηση του περιβάλλοντος των πλοίων για την αυτόματη ανίχνευση αντικειμένων). Οι πρόσθετες λειτουργίες θα οδηγήσουν πιθανώς σε υψηλότερη τιμή των συστημάτων, η οποία με τη σειρά της θα αυξήσει το κόστος κεφαλαίου.

Όπως αναφέρθηκε σε αρκετά σημεία παραπάνω, η σωστή εκτίμηση του κόστους ενός συστήματος αυτόνομης τεχνολογίας, δεν θεωρείται εφικτή σε αυτό το σημείο. Συνεπώς, προκειμένου να αναλυθεί το σενάριο B0, λαμβάνονται υπόψιν οι μεταβολές στο λειτουργικό κόστος λόγω του μειωμένου αριθμού αξιωματικών επί του πλοίου και την ανάγκη για αξιωματικούς στην ξηρά κατά τη διάρκεια που η γέφυρα είναι αφύλακτη.

Υποτίθεται ότι ο αριθμός των αξιωματικών στο σενάριο αυτό, μπορεί να μειωθεί από τέσσερις σε δύο ανά πάσα στιγμή. Η υπολογιζόμενη μείωση του κόστους του πληρώματος ετησίως για ένα πλοίο που εξοπλίζεται με B0 εκτιμάται σε περίπου 112.000 USD. Επιπλέον εκτιμώνται τα επενδυτικά και λειτουργικά έξοδα που σχετίζονται με τη δημιουργία και τη λειτουργία του κέντρου ελέγχου και ανέρχονται σε περίπου 31.000 USD ανά πλοίο ετησίως. Ως εκ τούτου, το προεξοφλημένο ποσό των επενδύσεων για το κέντρο ελέγχου στην ξηρά συν το λειτουργικό κόστος πρέπει να είναι χαμηλότερα από 859.000 USD έτσι ώστε το σενάριο B0 να είναι αποδεκτό από οικονομικής απόψεως. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι τα δυνητικά οφέλη της ενδεχομένως αυξημένης ασφάλειας που συνδέεται με την εφαρμογή της έννοιας B0 δεν λαμβάνονται υπόψη σε αυτόν τον υπολογισμό.

3.2.6 Συμπεράσματα

Αν και το έργο MUNIN, παρείχε απαντήσεις σε πολλά από τα βασικά ζητήματα που σχετίζονται με το αυτόνομο πλοίο, η ανάπτυξη του βρίσκεται ακόμα σε πολύ πρώιμο στάδιο και το πεδίο εφαρμογής του σχεδίου ήταν περιορισμένο ως προς τις πιο σοβαρές τεχνικές προκλήσεις. Κατά συνέπεια, η χρηματοοικονομική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου, έπρεπε να στηριχθεί σε παραδοχές οι οποίες μελλοντικά θα μπορούσαν να αποδειχθούν ελλιπείς. Παρόλα αυτά, η αξιολόγηση της οικονομικής αποδοτικότητας ενός αυτόνομου πλοίου όπως διαμορφώθηκε στο πλαίσιο του MUNIN, απέδωσε πολύ ενδιαφέροντα συμπεράσματα.

Αρχικά, από τα αποτελέσματα του βασικού σεναρίου σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα του σεναρίου της αφαίρεσης του πληρώματος, προκύπτει ότι η μείωση του κόστους του πληρώματος χωρίς την επίτευξη καλύτερης απόδοσης καυσίμου είναι πιθανόν να μην αρκεί για να δικαιολογήσει την πλήρη αυτονομία.

Στη συνέχεια, από τα αποτελέσματα των σεναρίων όπου το MDO χρησιμοποιείται ως κύριο καύσιμο του αυτόνομου και του συμβατικού πλοίου, προκύπτουν ορισμένες προκλήσεις. Αφενός, η χρήση του HFO ως καύσιμο των κύριων μηχανών των αυτόνομων πλοίων, είναι ιδιαίτερα απαιτητική από τεχνικής σκοπιάς. Αφετέρου, η τιμή του HFO είναι ασυναγώνιστα χαμηλή, συγκριτικά με την τιμή του MDO. Ένα μη επανδρωμένο πλοίο, το οποίο απαιτεί την μετάβαση από το HFO στο MDO ως καύσιμο των κύριων μηχανών του, είναι μάλλον απίθανο ότι θα είναι οικονομικά βιώσιμο με τις παρούσες συνθήκες. Ωστόσο, στο μέλλον, οι αυστηρότεροι περιβαλλοντικοί κανονισμοί ενδέχεται να μειώσουν τη διαφορά τιμής μεταξύ των δύο θαλάσσιων καυσίμων και κατ' επέκταση, να μειωθεί το μειονέκτημα της χρήσης MDO. Δεδομένου ότι το κόστος των καυσίμων κατέχει δεσπόζουσα θέση στο συνολικό κόστος ιδιοκτησίας και εκμετάλλευσης ενός πλοίου, οποιαδήποτε μείωση της κατανάλωσης καυσίμου έχει ισχυρό αντίκτυπο στη χρηματοοικονομική απόδοση.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι στην παρούσα αξιολόγηση, δεν περιλαμβάνονται δυνητικά οφέλη που ενδέχεται να έχει το αυτόνομο πλοίο, λόγω των αλληλεξαρτήσεων με άλλες καινοτομίες που σχετίζονται στενά με το έξυπνο πλοίο που πιθανόν θα συμβάλουν στην ευνοϊκότερη λειτουργία του αυτόνομου πλοίου. Παράλληλα, η ανάλυση στηρίχθηκε στην παραδοχή ότι ένα αυτόνομο και ένα συμβατικό πλοίο έχουν ίδιο επίπεδο ασφάλειας. Παρ 'όλα αυτά, μερικοί νέοι τύποι ατυχημάτων είναι πιθανώς αναπόφευκτα συνδεδεμένοι με τα αυτόνομα πλοία. Κάποιος θα μπορούσε να ανατρέξει στην εισαγωγή νέων τεχνολογιών στη

ναυτιλία στο παρελθόν. Το ραντάρ, η εισαγωγή του AIS και του ECDIS παρόλο που δημιούργησαν νέους τύπους ατυχημάτων δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι συνέβαλλαν στην ασφάλεια και μείωσαν τα θαλάσσια ατυχήματα.

Προκειμένου να επιτευχθεί μελλοντικά, μια ακριβέστερη οικονομική εκτίμηση της βιωσιμότητας ενός αυτόνομου πλοίου μεταφοράς χύδην φορτίου, θα πρέπει να υπάρχει ένας ολιστικός σχεδιασμός του πλοίου συμπεριλαμβανομένης της κατασκευής και των βοηθητικών συστημάτων συντήρησης. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να υπάρχει λεπτομερής σχεδιασμός των διαδικασιών του κέντρου ελέγχου της ξηράς, των λιμενικών υπηρεσιών συντήρησης, των καθηκόντων και του τρόπου μεταφοράς του πληρώματος επιβίβασης. Εν κατακλείδι όμως, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι τα αυτόνομα πλοία θα έχουν θετικό αντίκτυπο στην κερδοφορία των ναυτιλιακών εταιρειών αλλά μόνο υπό συγκεκριμένες συνθήκες.

3.3 Περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα

3.3.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι ναυτιλιακές εταιρείες καταβάλλουν συνεχώς προσπάθειες ώστε να βελτιώνουν την οικονομική τους αποδοτικότητα. Παράλληλα όμως, τα τελευταία χρόνια, καλούνται εκτός από τα δικά τους οφέλη, να αναγνωρίσουν τα οφέλη και την ευαισθητοποίηση της κοινωνίας σχετικά με την περιβαλλοντική βιωσιμότητα των θαλάσσιων μεταφορών και να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις της διεθνούς νομοθεσίας, η οποία επιβάλλει όλο και περισσότερα μέτρα για τη μείωση των επιπτώσεων των πλοίων.

Παρόλο που η διεθνής ναυτιλία, αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό της τάξεως του 2% των παγκοσμίων εκπομπών αερίων που έχουν επίπτωση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, η ναυτιλιακή βιομηχανία αναγνώρισε ότι πρέπει να συμβάλει περαιτέρω σε μελλοντικές μειώσεις των επιβλαβών εκπομπών αερίων και των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων. Σε μια απόφαση-ορόσημο, η Επιτροπή Προστασίας Θαλασσίου Περιβάλλοντος (MEPC) του IMO, υιοθέτησε τον Απρίλιο του 2018 μια φιλόδοξη στρατηγική μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Greenhouse Gas Emissions - GHG) κατά 50% έως το 2050 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2008. (Comer and Rutherford, 2018) Η στρατηγική αυτή, λήφθηκε σε ευθυγράμμιση με την επιθυμητή πορεία για απεξάρτηση της ναυτιλίας από τον άνθρακα, καθώς τέθηκε ως στόχος να μειωθούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στις διεθνείς ναυτιλιακές μεταφορές, τουλάχιστον κατά 40% έως το 2030, επιδιώκοντας το 70% έως το 2050. Ταυτόχρονα, μια ακόμα βασική περιβαλλοντική πρόκληση για τη ναυτιλία επί του παρόντος,

είναι η συμμόρφωση με τα παγκόσμια όρια περιεκτικότητας του πετρελαίου σε θείο, το οποίο θα πρέπει να ανέρχεται σε 0,5% m/m μέχρι το 2020. (IMO, 2018)

Οι στόχοι αυτοί που προτάθηκαν από τον IMO, είναι αρκετά φιλόδοξοι και θα απαιτήσουν την υιοθέτηση ορισμένων μέτρων, ανάμεσα στα οποία θα μπορούσαν να είναι: η εφαρμογή τεχνολογικών καινοτομιών και λύσεων που μπορούν να αυξήσουν την αποδοτικότητα των καυσίμων, η εφαρμογή χαμηλότερων επιχειρησιακών ταχυτήτων (slow steaming) και η χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας ή εναλλακτικών μορφών καυσίμων με ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα.

Η ανάπτυξη ενός μη επανδρωμένου και αυτόνομου πλοίου θα μπορούσε να συμβάλει στην επίτευξη των στόχων μιας βιώσιμης βιομηχανίας θαλάσσιων μεταφορών, καθώς θα μπορούσε να συνδυάσει την περιβαλλοντική και την οικονομική βιωσιμότητα.

3.3.2 Η ανάγκη για την εφαρμογή των κανονισμών

Ο κύριος τύπος πετρελαίου που χρησιμοποιείται ως καύσιμο στη ναυτιλία, είναι το βαρύ μαζούτ, που παράγεται ως υπόλειμμα από την απόσταξη του αργού πετρελαίου. Το αργό πετρέλαιο, περιέχει θείο το οποίο με την καύση στον κινητήρα, απελευθερώνεται με τη μορφή αέριων εκπομπών. Τα οξείδια του θείου (SOx), που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, είναι γνωστό ότι είναι επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία καθώς προκαλούν αναπνευστικά προβλήματα. Παράλληλα, ευθύνονται για την καταστροφή των καλλιεργειών, των δασών και των ωκεανών, μέσω της όξινης βροχής.

Ο κανονισμός του IMO για τη μείωση των εκπομπών οξειδίων του θείου, που οφείλονται στα πλοία, τέθηκε για πρώτη φορά σε ισχύ το 2005, σύμφωνα με το παράρτημα VI της διεθνούς σύμβασης για την πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία, γνωστή ως σύμβαση MARPOL. Από τις αρχές του 2020, το όριο περιεκτικότητας του πετρελαίου σε θείο, που χρησιμοποιείται ως καύσιμο στα πλοία θα μειωθεί από 3,5% m/m, που είναι σήμερα, στο 0,5% m/m, ενώ στις περιοχές ελέγχου των εκπομπών αερίων ρύπων (Emission Control Areas-ECA) θα χρησιμοποιείται καύσιμο με περιεκτικότητα 0,1% m/m σε θείο. (IMO, 2018)

Μια μελέτη, σχετικά με τις επιπτώσεις των εκπομπών SOx στην ανθρώπινη υγεία, που διενεργήθηκε από την Επιτροπή Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος του IMO (MEPC) το 2016, εκτιμά ότι η μείωση των εκπομπών SOx από τα πλοία θα αποτρέψει 570.000 πρόωρους θανάτους παγκοσμίως μεταξύ των ετών 2020-2025. (IMO, 2018) Έτσι, η μείωση

του ορίου για το θείο στο πετρέλαιο που χρησιμοποιείται στα πλοία, θα έχει απτά οφέλη για την υγεία, ιδίως για τους πληθυσμούς που ζουν κοντά σε λιμάνια.

Ταυτόχρονα, η μείωση του διοξειδίου του άνθρακα θα συμβάλλει περαιτέρω στην βελτίωση της ποιότητας ζωής των πληθυσμών που ζουν κοντά σε λιμάνια και θα αποτρέψει ως ένα βαθμό τις δυσμενείς συνέπειες της κλιματικής αλλαγής.

3.3.3 Τρόποι μείωσης των αέριων εκπομπών

Το κόστος προσαρμογής της ναυτιλίας στους νέους περιβαλλοντικούς κανονισμούς, αναμένεται να φτάσει τα επόμενα χρόνια σε δεκάδες δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως σύμφωνα με εκτιμήσεις αναλυτών. (Dings, 2012) Όπως είναι φανερό, οι νέες ρυθμίσεις, θα ευνοήσουν τα πιο σύγχρονα πλοία και θα συμβάλουν στην απόσυρση των παλαιότερων, προκειμένου ο παγκόσμιος στόλος να καταστεί συμβατός με τα προβλεπόμενα. Σημειώνεται ότι πάνω από το 20% του παγκόσμιου στόλου, που αριθμεί 95.000 πλοία, έχει ηλικία άνω των 15 ετών και δεν προσφέρεται για επιπλέον επενδύσεις αναβάθμισης.

Στο άμεσο μέλλον, οι αλλαγές στους κανονισμούς θα υποχρεώσουν ένα μέρος του παγκόσμιου στόλου να στραφεί στα καύσιμα μειωμένου θείου, τα οποία όμως είναι αρκετά ακριβότερα από τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται σήμερα, όπως είναι το marine gasoil (MGO) και το ultra low sulfur fuel oil (ULSFO). (EU COMM., 2012) Είναι χαρακτηριστικό ότι μόνο για τα πλοία του κλάδου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, το κόστος προσαρμογής στα νέα καύσιμα μειωμένης περιεκτικότητας σε θείο από το 2020 υπολογίζεται μεταξύ 5 δισ. δολαρίων και 30 δισ. δολαρίων σε ετήσια βάση. Σε ορισμένα πλοία θα μπορούσε να συνδυαστεί πετρέλαιο εσωτερικής καύσης με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο, με πετρέλαιο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο ώστε να επιτευχθεί συμμορφούμενο πετρέλαιο εσωτερικής καύσης. Φυσικά πρόκειται για μια προσωρινή λύση καθώς δεν καλύπτει τον σύνολο των στόχων που τέθηκαν. Ο IMO συζητά επί του παρόντος πώς να εντοπίσει τυχόν ζητήματα ασφάλειας που σχετίζονται με νέα μίγματα πετρελαίου, καθώς αναγνωρίζεται ότι εάν δεν γίνει σωστή διαχείριση αυτών των καυσίμων, θα μπορούσαν να υπάρξουν προβλήματα συμβατότητας και σταθερότητας. (IMO, 2018)

Ταυτόχρονα, οι ατμοσφαιρικοί ρύποι θα μπορούσαν να περιοριστούν, εγκαθιστώντας στα πλοία σύγχρονα συστήματα καθαρισμού καυσαερίων. Αυτό, παρόλο που γίνεται δεκτό από τα κράτη σημαίας ως εναλλακτικό μέσο τήρησης της απαίτησης για τα όρια του θείου, είναι

αδύνατο να πραγματοποιηθεί για το σύνολο του στόλου καθώς το μεγαλύτερο μέρος του δεν θα έχει προλάβει να εγκαταστήσει τέτοια συστήματα μέχρι το 2020.

Έτσι, οι πλοιοκτήτες έχουν ήδη αναζητήσει διάφορες εναλλακτικές λύσεις, όπως το υγροποιημένο φυσικό αέριο, οι μπαταρίες ιόντων λιθίου και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια. Ωστόσο, υπάρχει η ανησυχία ότι τα πλοία που κινούνται με υγροποιημένο φυσικό αέριο ενώ μπορούν να μειώσουν τις εκπομπές θείου στην ατμόσφαιρα, δεν οδηγούν σε επαρκή μείωση του CO2 ώστε να αποτελέσουν μια βιώσιμη μέθοδο στο μέλλον. Παράλληλα, τα πλοία μπορούν να διαθέτουν κινητήρες οι οποίοι χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα, με χαμηλό ή μηδενικό θείο και ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα όπως τα βιοκαύσιμα, η ηλεκτρική ενέργεια, το υδρογόνο, η μεθανόλη και η αμμωνία. Όμως, μόνο το κόστος από τη χρήση των νέων ναυτιλιακών καυσίμων μειωμένου θείου από το 2020 είναι πιθανό να επιβαρύνει το σύνολο της ναυτιλίας κατά 25% ή 24 δισ. δολάρια, ενώ δεν αποκλείεται να φθάσει έως και τα 60 δισ. δολάρια, σύμφωνα με μελέτη του εξειδικευμένου στην ενέργεια οίκου Wood Mackenzie.

Μια μελέτη της DNV GL δείχνει πώς τα ηλεκτρικά σκάφη με αποθήκευση ενέργειας στις μπαταρίες και ο βελτιστοποιημένος έλεγχος ισχύος μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον, στις τελευταίες προβλέψεις για το 2050, η DNV GL πιστεύει ότι οι ψηφιακές λύσεις θα μπορούσαν να είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση των εκπομπών από τη ναυτιλία καθώς μπορούν να συνδυάσουν πολλαπλά οφέλη. (DNV GL, 2018)

Αυτή η επιτακτική ανάγκη για τη μείωση των εκπομπών οδήγησε τις ναυτιλιακές εταιρείες στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή χαμηλότερων επιχειρησιακών ταχυτήτων (slow steaming) μπορεί να είναι μέρος της επίλυσης των σημερινών προκλήσεων καθώς μία μείωση κατά 10% της μέσης ταχύτητας του στόλου οδηγεί σε μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 19%. (Dings, 2012)

3.3.4 Slow steaming

Το slow steaming δεν είναι μια νέα επιχειρησιακή πρακτική, αφού υιοθετήθηκε ευρέως ως λύση ανάγκης στη διάρκεια της πτώσης της ζήτησης και την υπερπροσφορά των πλοίων που προέκυψε εξαιτίας της τρέχουσας οικονομικής κρίσης. Ταυτόχρονα, τα οφέλη του slow steaming έχουν αναφερθεί σε αρκετές επιστημονικές μελέτες. (Dings, 2012)

Κοιτάζοντας τα αποτελέσματα μιας εκ των μελετών αυτών, παρατηρείται το εξής: Σε μια υποδειγματική διαδρομή από το Porto de Tubarao προς το Αμβούργο, η μείωση της ταχύτητας πλεύσης από 16 σε 11 κόμβους μπορεί να μειώσει την κατανάλωση καυσίμου κατά 54% και έτσι να αποφευχθούν περίπου 1.000 τόνοι εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. (Rodseth and Burmeister, 2012)

Πίνακας 5. Εκτιμώμενα κέρδη από την εφαρμογή slow steaming σε ένα Dry Bulker (Πηγή: Rodseth and Burmeister, 2012)

Route	Porto de Tubarao -> Hamburg (Charter = average 2006-2010)		Change due to slow steaming	Porto de Tubarao -> Hamburg (Charter = forecast until 2016)		Change due to slow steaming
Distance [nm]	5446			5446		
Speed [kn]	16	11	-31%	16	11	-31%
Time [d]	14,2	20,6	45%	14,2	20,6	45%
Fuel [t]	624,0	288,8	-54%	624,0	288,8	-54%
CO2 [t]	1.978,1	915,5	-54%	1.978,1	915,5	-54%
Charter [US$]	464.611,9	675.799,1	45%	230.935,0	335.905,4	45%
Bunker [US$]	405.613,5	187.722,0	-54%	405.613,5	187.722,0	-54%
Total [US$]	**870.225,4**	**863.521,1**	**-1%**	**636.548,5**	**523.627,4**	**-18%**
Manning [US$]	33.456,0	48.663,3	45%	33.456,0	48.663,3	45%
Manning/Total	3,84%	5,64%		5,26%	9,29%	

Όπως φαίνεται και στον πίνακα, ενώ το slow steaming θα μειώσει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα αλλά και του κόστους των καυσίμων μέσω της χαμηλότερης κατανάλωσης, συνεπάγεται υψηλότερα έξοδα τα οποία οφείλονται σε μεγαλύτερους χρόνους ταξιδιών. (Porathe et al., 2014) Παρόλο που οι μειώσεις του κόστους των καυσίμων κατά 46% αντιπροσωπεύουν τεράστια εξοικονόμηση χρημάτων, αυτό αντισταθμίζεται από ένα αντίστοιχα υψηλότερο κόστος ναύλωσης. Εάν τα πλοία πλέουν πιο αργά, θα απαιτηθούν περισσότερα πλοία για να διατηρηθεί η μεταφορική ικανότητα. Και αυτά τα πλοία θα χρειαστούν καύσιμα, οπότε η εξίσωση γίνεται αρκετά πολύπλοκη. Ωστόσο, σύμφωνα με τους υπολογισμούς για τη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων από τον Pierre Cariou, το slow steaming έχει τη δυνατότητα μείωσης των εκπομπών κατά περίπου 11%, λαμβάνοντας υπόψιν τον αυξημένο αριθμό πλοίων. (Cariou, 2011)

Όμως, παρά την μείωση των επιβλαβών εκπομπών αερίων, η αύξηση του χρόνου ταξιδιού σημαίνει μεγαλύτερα ταξίδια, με αυξημένο μισθολογικό κόστος καθώς και λιγότερο ελκυστικές παρατεταμένες παραμονές για τα πληρώματα, δημιουργώντας ακόμη μεγαλύτερη ζήτηση για ναυτικό προσωπικό. (Porathe et al., 2014) Το καθαρό έσοδο που προκύπτει λαμβάνοντας υπόψιν τις μέσες τιμές ναύλωσης είναι μόνο της τάξεως των 7.000 USD κατά τη διάρκεια του συνολικού ταξιδιού. Στην παρούσα κατάσταση, εξακολουθεί να υπάρχει μια

έλλειψη ναυτικών και πολλές ανησυχίες σχετικά με τη διαθεσιμότητα ανώτερων αξιωματικών για το μέλλον. Έτσι, είναι πιθανόν αυτή η έλλειψη, να αυξήσει περαιτέρω τους μισθούς των αξιωματικών και του πληρώματος. Αυτό θα μειώσει την ελκυστικότητα του slow steaming καθώς θα αυξηθεί το οικονομικό εμπόδιο μεταξύ του κόστους των καυσίμων και του πληρώματος. (Zanne et al., 2013)

Ωστόσο, μια επιπλέον εξοικονόμηση 50.000 USD θα μπορούσε ενδεχομένως να πραγματοποιηθεί εάν το πλοίο ήταν μη επανδρωμένο. (Rodseth and Burmeister, 2012) Το μη επανδρωμένο πλοίο, έχει την δυνατότητα να συνδυάσει την πρακτική του slow steaming με ορισμένες από τις παραπάνω εναλλακτικές που αναφέρθηκαν, δίνοντας στους πλοιοκτήτες την δυνατότητα να επιτύχουν δύο στόχους ταυτόχρονα. Η εξοικονόμηση χρημάτων από την αφαίρεση των πληρωμάτων και την εφαρμογή του slow steaming θα αντιστάθμιζαν το αυξημένο κόστος επένδυσης που συνεπάγεται ένα αυτόνομο πλοίο που χρησιμοποίει «πράσινες» διαδικασίες.

3.3.5 Συμπεράσματα

Η ναυτιλιακή βιομηχανία έπρεπε πάντα να διαχειρίζεται τον κίνδυνο και την αβεβαιότητα. Εκτός από τα γνωστά, σκαμπανεβάσματα των ναυτιλιακών κύκλων, η ιστορία είναι πλούσια με παραδείγματα γεγονότων που έχουν προκαλέσει σημαντικές αλλαγές. Η ναυτιλιακή βιομηχανία λοιπόν, καλείται για ακόμη μια φορά να αντιμετωπίσει μια τέτοια κρίση, καθώς η προσαρμογή στους νέους κανονισμούς θα απαιτήσει από τους πλοιοκτήτες τεράστιες επενδύσεις. Οι πλοιοκτήτες μπορούν να επιλέξουν μεταξύ ορισμένων εναλλακτικών λύσεων οι οποίες εκτός από την διαφορά στο κόστος, θα έχουν διαφορετικό ρίσκο και διαφορετική αντοχή σε βάθος χρόνου. Εάν δεν υπάρξει σημαντική πρόοδος στον τομέα των εναλλακτικών καυσίμων ή της τεχνολογίας των πλοίων, η ναυτιλία θα παραμείνει εξαρτημένη από τη χρήση ορυκτών καυσίμων. Ως εκ τούτου, η μακροπρόθεσμη ικανότητα της ναυτιλίας να παραμείνει στη συμφωνημένη πορεία μείωσης των εκπομπών GHG και του CO2 εξαρτάται αναπόφευκτα από την διαθεσιμότητα εναλλακτικών λύσεων, όπως είναι η λειτουργία αυτόνομων πλοίων.

Τα αυτόνομα πλοία θα μπορούν να εφαρμόζουν τη στρατηγική του slow steaming χωρίς επιπλέον κόστη και παράλληλα θα είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο ο οποίος θα μειώνει την κατανάλωση καυσίμου και κατ’ επέκταση και τις εκπομπές αερίων ρύπων. Όσον αφορά τα αυτόνομα πλοία, τα οποία ανταποκρίνονται στους περιβαλλοντικούς στόχους που έχουν τεθεί,

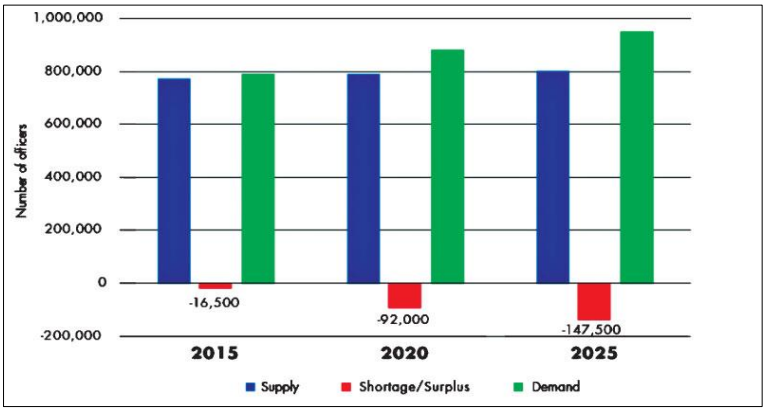
η νορβηγική εταιρεία Yara και η εταιρεία Kongsberg όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ανέπτυξαν ένα πλοίο μεταφοράς ε/κ που παράγει μηδενικές εκπομπές. Αυτό το έργο ενώνει τις πράσινες τεχνολογίες και την έξυπνη καινοτομία.

3.4 Κοινωνικά πλεονεκτήματα

3.4.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία σαράντα χρόνια, οι λαοί των χωρών της Ευρώπης με παράδοση στο ναυτικό επάγγελμα, σταδιακά αποσύρονται από αυτό, επιλέγοντας να επωφεληθούν από ευκαιρίες απασχόλησης που δεν προϋποθέτουν πολύμηνα ταξίδια μακριά από την χώρα τους.

Η BIMCO, η μεγαλύτερη από τις διεθνείς ναυτιλιακές ενώσεις, διενήργησε μια πενταετή μελέτη σε συνεργασία με το Διεθνές Ναυτιλιακό Επιμελητήριο, σχετικά με την προσφορά και τη ζήτηση των ναυτικών σε παγκόσμιο επίπεδο, τα ευρήματα της οποίας δημοσιεύθηκαν τον Μάιο του 2015. (BIMCO, 2015) Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, η ναυτιλιακή βιομηχανία πιθανότατα θα αντιμετωπίσει μια σταδιακά αυξανόμενη έλλειψη αξιωματικών. Ενώ όπως φαίνεται στο διάγραμμα η ζήτηση για αξιωματικούς του κλάδου, θα αυξάνεται κατά περίπου 10% ανά πενταετία, η προσφορά θα παραμένει σχετικά στάσιμη. Έτσι λοιπόν, το 2025 η έλλειψη αξιωματικών στη ναυτιλία θα βρίσκεται περίπου στους 147.500 αξιωματικούς. Με αφορμή τα ανωτέρω στοιχεία που αποδεικνύουν την συνεχώς μειούμενη προσφορά αξιωματικών, πολλοί υποστηρικτές των αυτόνομων πλοίων θεωρούν ότι η εισαγωγή τους θα μπορούσε να αποδειχθεί αναγκαία στο μέλλον. (Porathe et al., 2014)



Γράφημα 10. Εκτιμώμενη μελλοντική ζήτηση και προσφορά για το ναυτικό επάγγελμα (Πηγή: BIMCO, 2015)

3.4.2 Το ναυτικό επάγγελμα σήμερα

Η άποψη των νέων για το ναυτικό επάγγελμα σήμερα, βρίσκεται σε αντίθεση με την αίγλη που κατείχε παλαιότερα. Πλέον, η πλειοψηφία των απασχολούμενων με αυτό, θεωρούν τα διεθνή ταξίδια ως μια αναγκαστική, βραχυπρόθεσμη λύση και ενδιαφέρονται αποκλειστικά για την μελλοντική αποκατάστασή τους σε κάποια ναυτιλιακή εταιρεία στην ξηρά. (King, 2011) Ένας καπετάνιος ή ένας μηχανικός πλοίων σήμερα, μπορεί να έχει μια σχετικά μικρή εμπειρία σε ταξίδια, σε σύγκριση με εκείνη που είχαν οι προηγούμενες γενιές ναυτικών που αποσκοπούσαν να περάσουν μια ζωή στη θάλασσα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η απασχόληση με τη ναυτιλία αντιμετωπίζει τα εξής προβλήματα: αφενός οι νεοεισερχόμενοι στην αγορά εργασίας υποφέρουν από μια προφανή έλλειψη οικογενειακών και κοινωνικών σχέσεων και αφετέρου η ιδέα της συνύπαρξης σε ένα χαλύβδινο κουτί, για μήνες ολόκληρους, μαζί με έναν συνεχώς μειούμενο αριθμό πολιτισμικά ετερογενούς πληρώματος δεν είναι τόσο ελκυστική για τις νεότερες γενιές ναυτικών. (Porathe et al., 2014)

Όμως, τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι ναυτικοί δεν είναι μόνο τα παραπάνω. Αρκετά από τα ζητήματα που αντιμετωπίζει ο ναυτιλιακός κλάδος έχουν καταστήσει εξαιρετικά δύσκολη τη ζωή των ναυτικών στη θάλασσα. Αρχικά, τα καθήκοντα που πρέπει να επιτελέσουν κάποια από τα μέλη του πληρώματος ενός πλοίου σήμερα, ποικίλλουν σημαντικά ανάλογα με τη θαλάσσια περιοχή που διέρχεται το πλοίο. (Burmeister et al., 2014) Από την μια πλευρά, η είσοδος και η πλοήγηση σε λιμάνια μπορεί να είναι πολύ αγχωτική και απαιτητική διαδικασία. Η ερμηνεία των συνεχώς αυξανόμενων πληροφοριών από τις διάφορες πηγές σε συνδυασμό με τις περιορισμένες ανθρώπινες δυνατότητες, απαιτούν από τον καπετάνιο και τους αξιωματικούς φυλακής να παραμένουν ιδιαίτερα προσεκτικοί. Από την άλλη πλευρά, η διέλευση μεγάλων αποστάσεων στη θάλασσα είναι μάλλον μονότονη εργασία, τόσο για τον καπετάνιο όσο και για το πλήρωμα. Εξαιτίας όμως, του γεγονότος ότι το μεγαλύτερο μέρος του ταξιδιού αντιπροσωπεύει καθήκοντα ρουτίνας, οι οικονομικές πιέσεις και ο ανταγωνισμός μεταξύ των ναυτιλιακών επιχειρήσεων οδήγησαν στη μείωση του μεγέθους των πληρωμάτων στο ελάχιστο. (Porathe et al., 2014) Συνεπώς, η πλειοψηφία των ατυχημάτων που συμβαίνουν σε παγκόσμιο επίπεδο πιθανόν οφείλονται στην κόπωση και το άγχος του μειωμένου πληρώματος.

Παράλληλα, οι μέθοδοι με τις οποίες χειρίζονται πολλά θέματα οι ναυτιλιακές αρχές έχουν οδηγήσει σε επιδείνωση της έλλειψης κοινωνικών σχέσεων και στιγμών ψυχαγωγίας για τους ναυτικούς. Μέχρι πριν από μερικά χρόνια, πριν δηλαδή από την εφαρμογή του κώδικα

ISPS, το πλήρωμα του πλοίου μπορούσε εύκολα να βγαίνει στην ξηρά. Ωστόσο, εξαιτίας των κανονισμών ασφαλείας, πλέον η ευκολία των πληρωμάτων να επισκέπτονται τις χώρες στις οποίες «πιάνει λιμάνι» το πλοίο, έχει μειωθεί σημαντικά.

Στα παραπάνω ζητήματα, έρχεται να προστεθεί ένα τελευταίο, αλλά εξίσου σημαντικό. Οι ναυτικοί, βρίσκονται αντιμέτωποι με τον κίνδυνο της πειρατείας όταν τα πλοία τους διέρχονται από περιοχές όπως ο Κόλπος του Άντεν, το Στενό Μαλάκκα, ο Κόλπος της Γουινέας και η Λατινική Αμερική. Τα τελευταία χρόνια, χιλιάδες ναυτικοί έχουν σκοτωθεί, τραυματιστεί, ή ληφθεί όμηροι στις περιοχές αυτές. Στα πλοία που δέχονται επίθεση από πειρατές, εκτοξεύονται χειροβομβίδες, γίνεται επίθεση με πυροβόλα όπλα, προωθούνται πύραυλοι και συχνά εκείνοι που συλλαμβάνονται από τα πειρατικά πληρώματα, μπορεί να κρατηθούν όμηροι για μήνες. Οι πειρατές συνήθως, προτιμούν μικρά πλοία για να επιτεθούν και επικεντρώνονται πέρα από την κατάκτηση του ίδιου του πλοίου, στο φορτίο, στα καύσιμα, στη λήψη ομήρων και τα προσωπικά αντικείμενα του πληρώματος. Όπως είναι λογικό, μετά από μια πειρατική επίθεση, οι εμπλεκόμενοι ναυτικοί μπορεί να επηρεαστούν σοβαρά από μετατραυματικό στρες.

Το 2017, τα περιστατικά πειρατείας έφτασαν στο χαμηλότερο επίπεδο των τελευταίων 10 ετών για την περιοχή της Σομαλίας. Σύμφωνα με μελέτη του ‘Oceans Beyond Piracy’ τη συγκεκριμένη χρονιά το κόστος της πειρατείας ανήλθε στα 1,4 εκατ. δολάρια. Παρά την πτωτική τάση των περιστατικών στη συγκεκριμένη περιοχή λόγω των διεθνών ναυτικών περιπολιών, η απειλή των πειρατών δεν μειώνεται για όλα τα θαλάσσια περάσματα. Την ίδια χρονιά, παρατηρήθηκε ανησυχητική αύξηση των απαγωγών στα περιστατικά πειρατείας σε μέρη της Ασίας και της Δ. Αφρικής. Πιο συγκεκριμένα, στη Δ. Αφρική 100 ναυτικοί απήχθησαν, ενώ 2 από αυτούς θανατώθηκαν και στην περιοχή της Ασίας το νούμερο των ομήρων και θανόντων έφτασε τους 17, με 6 από αυτούς να βρίσκονται σε αιχμαλωσία για 264 ημέρες.

Στην πραγματικότητα, η πειρατεία δεν είναι απλώς μια πράξη εγκληματικότητας με κοινωνικές συνέπειες, αλλά έχει και ευρύτερο οικονομικό αντίκτυπο. Οι πλοιοκτήτες, σε συνδυασμό με την ήδη υπάρχουσα έλλειψη ναυτικών, καταβάλλουν περαιτέρω προσπάθειες να βρουν πληρώματα που είναι πρόθυμα να περάσουν από αυτές τις περιοχές. Ταυτόχρονα, το κόστος στη ναυτιλιακή βιομηχανία αυξάνεται καθώς καταβάλλονται αυξανόμενα ασφάλιστρα για τη διέλευση περιοχών υψηλού κινδύνου, στις οποίες περιλαμβάνεται το μεγαλύτερο μέρος του Ινδικού Ωκεανού, ένας από τους πιο πολυσύχναστους ναυτιλιακούς δρόμους στον κόσμο. Επιπλέον οι πλοιοκτήτες επιβαρύνονται με την εγκατάσταση προληπτικών μέτρων προστασίας επί του πλοίου όπως η απασχόληση προσωπικού ιδιωτικής ασφάλειας. Τέλος, σε σπάνιες

περιπτώσεις, εξαιτίας των πειρατικών επιθέσεων, ορισμένα πλοία επιλέγουν να αλλάξουν τις διαδρομές τους, πλέοντας νότια της Αφρικής γεγονός που μπορεί να σημαίνει και μεγαλύτερους χρόνους παράδοσης και αυξημένο κόστος μεταφοράς.

3.4.3 Το ναυτικό επάγγελμα μετά τη χρήση των αυτόνομων πλοίων

Η δημιουργία ενός αυτόνομου πλοίου θα μπορούσε να εξασφαλίσει ένα πιο ενδιαφέρον περιβάλλον εργασίας, καθώς παράγοντες όπως η κόπωση, η απώλεια συγκέντρωσης και οι δυσχέρεια στις κοινωνικές σχέσεις δεν θα επηρεάζουν πλέον στον ίδιο βαθμό τους χειριστές των πλοίων στην ξηρά. Για αρχή, η αυτοματοποίηση θα δημιουργήσει νέους τύπους εργασιών. Ο συντάκτης της MITE, Kevin Tester δήλωσε: "Τα αυτόνομα πλοία είναι πιο πιθανό να αλλάξουν τις θέσεις εργασίας παρά να τις εξαλείψουν και [...] αυτό, σε συνδυασμό με τη δημιουργία νέων τύπων θέσεων εργασίας, θα οδηγήσει σε μεγαλύτερη ευημερία μακροπρόθεσμα". (Rodseth and Burmeister, 2012)

Το αυτόνομο πλοίο θα μπορούσε να συνεισφέρει θετικά, ώστε οι ναυτικοί να απαλλαχθούν από τα καθήκοντα ρουτίνας στη θάλασσα και να έχουν τη δυνατότητα να αξιοποιήσουν τις γνώσεις τους σε πιο απαιτητικά καθήκοντα στο κέντρο ελέγχου της ξηράς. Καθώς ο σχεδιασμός του πλοίου γίνεται πιο εξελιγμένος, μια νέα γενιά ναυπηγών και μηχανικών θα δημιουργηθεί και νέοι ρόλοι στην ασφάλεια και τη διαχείριση των συστημάτων θα αναδυθούν στον κλάδο. Οι χειριστές και οι μηχανικοί που θα στελεχώσουν το κέντρο ελέγχου, θα πρέπει να κατέχουν εκτός από τις γνώσεις που απαιτούνται στα συμβατικά πλοία, τη διαχείριση και ανάλυση δεδομένων, καθώς και πλήθος άλλων δεξιοτήτων, μια ελκυστική ευκαιρία για μερικούς, προκαλώντας ταυτόχρονα ανησυχίες σχετικά με την εκπαίδευση και την πιστοποίηση για άλλους. Τα στοιχεία εκθέσεων δείχνουν ότι οι ναυτικοί με υψηλότερα προσόντα θα μεταφερθούν σε μια πολύ άνετη κατάσταση αγοράς εργασίας, όπου η ζήτηση θα υπερβαίνει σημαντικά την προσφορά. (Johns, 2018)

Τέλος, χωρίς πληρώματα να απειλούνται ή να κρατούνται όμηροι, το ζήτημα της πειρατείας κατά μήκος ορισμένων εμπορικών οδών θα μπορούσε επίσης να μειωθεί αφού η απαγωγή των μελών του πληρώματος για χρήματα είναι η κινητήρια δύναμη της σύγχρονης πειρατείας.

3.4.4 Συμπεράσματα

Σε αρκετές μελέτες, εμπειρογνώμονες και θεσμικά όργανα τονίζουν ότι η απομόνωση από την οικογένεια και τους φίλους καθώς και η περιορισμένη επικοινωνία μαζί τους, αποτελούν παράγοντες οι οποίοι κάνουν το επάγγελμα του ναυτικού να στερείται ενδιαφέροντος. Ταυτόχρονα, παράγοντες όπως η κόπωση, το άγχος και ο φόβος λόγω των πειρατικών επιθέσεων που διαδραματίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές του πλανήτη, δημιουργούν πρόσθετη απαξίωση στους νέους για το επάγγελμα αυτό.

Η δημιουργία ενός αυτόνομου πλοίου, κάνει ορισμένους να πιστεύουν ότι εκτός από τις καλύτερες συνθήκες εργασίας που θα προσφέρει στους ναυτικούς, θα μειώσει και τα περιστατικά πειρατείας εξαιτίας της έλλειψης πληρώματος που μπορεί να απαχθεί. Ωστόσο, το αν τελικά τα μη επανδρωμένα πλοία θα είναι ή όχι, στόχος των πειρατών στο μέλλον θα εξαρτηθεί από τον τρόπο που θα σχεδιαστούν όπως και τον σκοπό της επίθεσης (λύτρα, χρήση του πλοίου για εχθρικές ενέργειες, παράνομοι σκοποί κ.α.) Απειλώντας να ανατινάξουν ή να βυθίσουν ένα αυτόνομο πλοίο με σκοπό να προκαλέσουν ρύπανση στο θαλάσσιο περιβάλλον, οι πειρατές μπορούν να διεκδικήσουν πολλά χρήματα. Το σημαντικό όμως είναι, ότι δεν θα βρίσκονται σε κίνδυνο οι ζωές του πληρώματος.

Συμπερασματικά, η τρέχουσα κατάσταση στην ναυτιλιακή βιομηχανία και οι μελλοντικές προοπτικές δείχνουν ότι οι σχετικοί ενδιαφερόμενοι δεν θα πρέπει να περιμένουν να υπάρξει άφθονη προσφορά ειδικευμένων και ικανών ναυτικών στο μέλλον χωρίς συντονισμένες προσπάθειες για την αντιμετώπιση των βασικών ζητημάτων του ανθρώπινου δυναμικού.

4. ΟΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

4.1 Νομικές προκλήσεις

4.1.1 Εισαγωγή

Ο ναυτικός νόμος, έχει τη φήμη ότι είναι ένας από τους πιο σταθερούς τομείς του νόμου. Πολλές από τις έννοιες και τους κανόνες που θεσπίστηκαν την εποχή των πανιών, έχουν προσαρμοστεί επιτυχώς στην εισαγωγή του ατμού, του πετρελαίου και της πυρηνικής προώθησης, των όλο και μεγαλύτερου μεγέθους πλοίων. (Van Hooydonk, 2014)

Ο ναυτικός νόμος, είναι ένας λειτουργικός όρος που χρησιμοποιείται για την περιγραφή μιας ολόκληρης σειράς νόμων που σχετίζονται με τα πλοία και τη λειτουργία τους. Περιλαμβάνει μια ποικιλία διαφορετικών νομικών συστημάτων, που κυμαίνονται από νόμους διεθνούς δικαίου, σε περιφερειακούς και εθνικούς νόμους, αλλά και τοπικούς κανόνες. Καλύπτει θέματα δημόσιου ενδιαφέροντος, όπως η ασφάλεια και η προστασία του περιβάλλοντος καθώς και θέματα αστικού δικαίου, όπως οι συμβάσεις μεταφοράς, η ευθύνη και η αποζημίωση για ζημίες, η διάσωση αλλά και πλήθος νόμων σχετικά με τους θαλάσσιους κινδύνους.

Στο επίκεντρο της παρούσας ενότητας βρίσκονται οι διεθνείς κανονισμοί. Αρχικά, οι διεθνείς κανονισμοί συμπεριλαμβάνουν ορισμένους κανόνες δικαιοδοσίας, οι οποίοι καθορίζουν τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις των κρατών στην «ανοικτή θάλασσα», σχετικά με τα πλοία που φέρουν τη σημαία τους. Αυτά αναλύονται κυρίως στη σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών του 1982 για το δίκαιο της θάλασσας (UNCLOS). Το «Σύνταγμα για τους Ωκεανούς», η UNCLOS, έχει ευρύτατη επίσημη μορφή (168 συμβαλλόμενα μέρη) και οι διατάξεις που αφορούν τα δικαιώματα και τα καθήκοντα πλοήγησης είναι ευρέως αποδεκτά και ως εκ τούτου ισχύουν και για τα μη συμβαλλόμενα μέρη. Η σύμβαση, καθορίζει μεταξύ άλλων την οριοθέτηση των θαλάσσιων ζωνών και περιλαμβάνει λεπτομερείς κανόνες για κάθε ζώνη σε σχέση με τη ναυσιπλοΐα εντός των ζωνών αυτών, την οικονομική εκμετάλλευση των θαλάσσιων πόρων τους και την προστασία του περιβάλλοντος. Στη συνέχεια, υπάρχουν και άλλες συμβάσεις που σχετίζονται με τεχνικές λεπτομέρειες που θα πρέπει να πληρούν τα πλοία, καλύπτουν την ασφάλεια, το περιβάλλον αλλά και τα πρότυπα εκπαίδευσης των ναυτικών. Συνήθως υιοθετούνται από εξειδικευμένους οργανισμούς του ΟΗΕ, και συγκεκριμένα τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμού (IMO). Τέλος, υπάρχει μια σειρά από διεθνείς κανόνες

ιδιωτικού δικαίου, όπως η αστική ευθύνη των πλοιοκτητών για ρύπανση, συγκρούσεις ή ζημιές του φορτίου, και τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να επιβληθούν τέτοιου είδους αξιώσεις. Αυτοί οι κανόνες δεν είναι τόσο πλήρεις ούτε κυρώθηκαν ευρέως ως συμβάσεις δημοσίου δικαίου και μπορεί να υπόκεινται σε μεγαλύτερη εθνική διαφοροποίηση.

Παρόλο που ο ναυτικός νόμος, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, είναι αρκετά σταθερός, ενδέχεται στο άμεσο μέλλον, διατάξεις της σύμβασης των Ηνωμένων Εθνών, αλλά και πολλές ναυτιλιακές συμβάσεις να επανεξεταστούν και κατά περίπτωση να τροποποιηθούν, για να καθοριστεί ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να ενσωματωθεί σε αυτές η λειτουργία των μη επανδρωμένων εμπορικών πλοίων. (Sage-Fuller, 2013)

Πρόσφατα, η Επιτροπή Ναυτικής Ασφάλειας (MSC) του IMO, λαμβάνοντας υπόψη την πρόκληση για την εισαγωγή μη επανδρωμένων πλοίων, αποφάσισε να εξετάσει ενδελεχώς τις αναμενόμενες ρυθμιστικές επιπτώσεις, προετοιμάζοντας ταυτόχρονα μια ατζέντα για την προσωρινή ρύθμιση της λειτουργίας των MASS.

Ενώ ο όρος MASS, εμφανίζεται στον αρχικό λόγο του IMO, οι κύκλοι της βιομηχανίας και η επιστημονική βιβλιογραφία έχουν χρησιμοποιήσει και ορισμένους άλλους παρεμφερείς όρους, συμπεριλαμβανομένων των παρακάτω: «μη επανδρωμένα επιφανειακά πλοία», «αυτόνομα εμπορικά πλοία», «πλοία ρομπότ», «έξυπνα πλοία», «ψηφιακά πλοία», «μη επανδρωμένα πλοία», και «αυτοματοποιημένα πλοία», μεταξύ άλλων.

Κατά την εξέταση των MASS, η αρχική αποστολή του IMO θα είναι η ορολογική σαφήνεια. Ο πρώιμος νομικός λόγος σχετικά με το MASS έθεσε το ερώτημα εάν το αυτόνομο σκάφος είναι στην πραγματικότητα ένα «πλοίο», όπως γίνεται γενικά αντιληπτό στο διεθνές ναυτικό δίκαιο, προκειμένου να εξακριβωθεί το νομικό καθεστώς και η εφαρμογή των διαφόρων δημόσιων και ιδιωτικών συμβάσεων του θαλάσσιου δικαίου. (Chircop, 2018)

Η σημασία αυτού του ζητήματος έχει σχέση με το γεγονός ότι αν ένα μη επανδρωμένο σκάφος θεωρείται ως πλοίο, πρέπει να συμμορφώνεται με τα υπάρχοντα καθήκοντα και μπορεί να επωφεληθεί από τα καθιερωμένα δικαιώματα σε διεθνείς συμβάσεις, όπως, το δικαίωμα της αβλαβούς διέλευσης, της ελευθερίας της ανοικτής θάλασσας, του περιορισμού της ευθύνης κλπ. (Van Hooydonk, 2014) Για να μπορέσει να καθοριστεί εάν τα μη επανδρωμένα πλοία εμπίπτουν στο καθεστώς του διεθνούς ναυτικού δικαίου, χρειάζεται να εξεταστούν τα πεδία εφαρμογής των διαφόρων θαλάσσιων συμβάσεων.

Ειδικότερα, πρέπει να μελετηθεί ο ορισμός του όρου «πλοίο», για να διαπιστωθεί εάν ένα πλοίο χωρίς πλήρωμα, μπορεί να θεωρηθεί ως πλοίο. Αλλά, παρά το γεγονός ότι ένα «πλοίο» είναι το κύριο αντικείμενο διαφόρων συμβάσεων και νόμων, δεν υπάρχει ενιαίος διεθνής ορισμός του πλοίου.

4.1.2 Ορισμός του πλοίου και του σκάφους

Όπως επεσήμανε κάποτε ο Bill Tetley, οι νομικοί ορισμοί του «πλοίου» και του «σκάφους» διαφέρουν πολύ από μια διεθνή ναυτιλιακή σύμβαση σε μια άλλη, επειδή είναι «μια λειτουργία με σχετικό αντικείμενο». (Van Hooydonk, 2014) Πολλές διεθνείς συμβάσεις θαλάσσιου δικαίου που ασχολούνται με συγκεκριμένα θέματα ορίζουν δικούς τους ορισμούς προσαρμοσμένους στο εκάστοτε ζήτημα.

Στη Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας, στο άρθρο που περιγράφονται οι όροι καταχώρησης των πλοίων, ως πλοίο νοείται «οποιοδήποτε αυτοκινούμενο θαλάσσιο σκάφος που χρησιμοποιείται στο διεθνές θαλάσσιο εμπόριο για τη μεταφορά εμπορευμάτων, επιβατών ή και τα δύο, εξαιρουμένων των σκαφών κάτω των 500 τόνων ολικής χωρητικότητα».

Η διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από τα πλοία (MARPOL) ορίζει ένα πλοίο ως «ένα σκάφος οποιουδήποτε τύπου, που λειτουργεί στο θαλάσσιο περιβάλλον και περιλαμβάνει υδροπτέρυγα, υποβρύχια, πλωτά σκάφη και σταθερές ή πλωτές πλατφόρμες».

Στη Σύμβαση των ΗΠΑ του 2005, το πλοίο είναι «πλοίο οποιουδήποτε τύπου που δεν είναι μόνιμα συνδεδεμένο με τη θάλασσα, συμπεριλαμβανομένων των υποστηριζόμενων σκαφών, υποβρυχίων ή οποιοδήποτε άλλο πλωτό σκάφος».

Οι κανόνες της Χάγης ορίζουν ένα πλοίο ως «κάθε πλοίο που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά εμπορευμάτων από το θάλασσα».

Οι διεθνείς κανονισμοί για την αποφυγή συγκρούσεων στη θάλασσα (COLREGs) είναι μια άλλη σύμβαση που ορίζει ως πλοίο "Κάθε υδάτινο σκάφος, συμπεριλαμβανομένων των μη μετατοπιζόμενων σκαφών, των σκαφών WIG και των υδροπλάνων, που χρησιμοποιούνται ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέσο μεταφοράς στο νερό».

Από τις παραπάνω επιλεγμένες συμβάσεις, μπορεί να συναχθεί με αρκετό βαθμό βεβαιότητας ότι η ύπαρξη πληρώματος επί του πλοίου, συμπεριλαμβανομένου του πλοιάρχου, δεν θεωρείται γενικά ως ουσιαστικό μέρος της έννοιας του πλοίου στους κανονιστικούς ορισμούς που έχουμε στη διάθεσή μας. Συνεπώς, αυτοί οι ορισμοί, ο καθένας προσαρμοσμένος στο αντίστοιχο θέμα, δεν αποτελούν εμπόδιο στην εφαρμογή του μη επανδρωμένου πλοίου. Μια εκτεταμένη επισκόπηση όλων των ορισμών σε όλες τις διεθνείς συμβάσεις που συνδέονται με το ναυτικό δίκαιο δεν θα μας οδηγούσε πολύ μακριά. Ως εκ τούτου, τα μη επανδρωμένα σκάφη εφόσον εμπίπτουν στον ορισμό του πλοίου, θα μπορούσε κανείς να ισχυριστεί ότι θα υπόκεινται στις ισχύουσες διεθνείς συμβάσεις και τους εθνικούς νόμους.

4.1.3 Δικαιοδοσία του κράτους σημαίας

Είναι γνωστό ότι τα πλοία πρέπει να έχουν εθνικότητα και να φέρουν τη σημαία του κράτους στο οποίο είναι νηολογημένα. Η ύπαρξη σημαίας στα πλοία είναι απαραίτητο στοιχείο διότι παρόλο που η ανοικτή θάλασσα είναι απαλλαγμένη από κάθε εθνική δικαιοδοσία και υπάρχει ελευθερία των δραστηριοτήτων, η έννομη τάξη εξακολουθεί να χρειάζεται να διατηρηθεί στα διεθνή ύδατα. (Chircop, 2018) Αυτό σημαίνει ότι το εκάστοτε κράτος σημαίας, έχει αποκλειστική επιβολή και νομοθετική δικαιοδοσία επί των πλοίων που φέρουν τη σημαία του. Η αποκλειστική δικαιοδοσία του κράτους σημαίας επαληθεύεται από το γεγονός ότι δεν υπάρχει αρχή που να διέπει την ανοιχτή θάλασσα και συνεπώς εμποδίζεται οποιαδήποτε παρέμβαση στο πλοίο από άλλα κράτη εκτός από το κράτος σημαίας, το οποίο εγγυάται την ελευθερία της δραστηριότητας του.

Η UNCLOS αναφέρει ότι το κράτος σημαίας λαμβάνει ορισμένα μέτρα προκειμένου τα πλοία να συμμορφώνονται με τους γενικά αποδεκτούς διεθνείς κανονισμούς. Ταυτόχρονα, απαιτεί να υπάρχει ένας πραγματικός δεσμός μεταξύ του κράτους σημαίας και του πλοίου έτσι ώστε να αποφευχθεί η καταχώρηση πλοίων σε οποιοδήποτε κράτος.

Παρά το γεγονός ότι η σύμβαση καταχώρησης των Ηνωμένων Εθνών δεν τέθηκε ποτέ σε ισχύ, δίνει μια σαφή άποψη του τι είναι ένας πραγματικός δεσμός. Τα βασικά στοιχεία που συνιστούν μια πραγματική σύνδεση μεταξύ του πλοίου και ενός κράτος σημαίας είναι: η ιδιοκτησία του πλοίου, η ιθαγένεια του πληρώματος και η διαχείριση του πλοίου.

Αυτό που είναι δύσκολο λοιπόν να καθοριστεί είναι το πώς πρέπει να σχεδιαστεί ο απαιτούμενος γνήσιος σύνδεσμος μεταξύ του κράτους σημαίας και ενός μη επανδρωμένου πλοίου, όπως απαιτεί η UNCLOS. Στην προαναφερθείσα σύμβαση αναφέρεται ότι κάθε κράτος λαμβάνει τα μέτρα που είναι αναγκαία για την ασφάλεια στη θάλασσα όσον αφορά, μεταξύ άλλων, την επάνδρωση των πλοίων, τις συνθήκες εργασίας και την κατάρτιση των πληρωμάτων, λαμβάνοντας υπόψη τις ισχύουσες διεθνείς πρακτικές για να εξασφαλιστεί ότι:

α) κάθε πλοίο, πριν από την καταχώρηση και στη συνέχεια σε κατάλληλα χρονικά διαστήματα, εξετάζεται από ειδικευμένο επιθεωρητή πλοίων, και έχει επί του παρόντος χάρτες, ναυτικές εκδόσεις και εξοπλισμό πλοήγησης, καθώς και τα μέσα που είναι κατάλληλα για την ασφαλή ναυσιπλοΐα.

β) κάθε πλοίο είναι υπεύθυνο για έναν πλοίαρχο και αξιωματικούς, που διαθέτουν τα κατάλληλα προσόντα, ιδιαίτερα στη ναυσιπλοΐα, την πλοήγηση, τις επικοινωνίες και τη

ναυτική μηχανική, και ότι το πλήρωμα είναι κατάλληλο σε προσόντα και αριθμό για τον τύπο, το μέγεθος, τα μηχανήματα και τον εξοπλισμό του πλοίου.

γ) ο πλοίαρχος, οι αξιωματικοί και, στο μέτρο του δυνατού, το πλήρωμα είναι πλήρως εξοικειωμένοι με τους ισχύοντες διεθνείς κανονισμούς σχετικά με την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα, την πρόληψη των συγκρούσεων, τη μείωση και τον έλεγχο της θαλάσσιας ρύπανσης καθώς και των ραδιοφωνικών επικοινωνιών.

Η δικαιοδοσία του κράτους σημαίας αντιπροσωπεύει τον παραδοσιακό ακρογωνιαίο λίθο της ρυθμιστικής αρχής πάνω στα πλοία. Η UNCLOS ορίζει ότι όλα τα κράτη έχουν το δικαίωμα καταχώρησης κάθε κατηγορίας πλοίου και μπορούν να καθορίζουν τους όρους χορήγησης της ιθαγένειας τους στα πλοία. Οι απαιτήσεις καταχώρησης περιλαμβάνουν συνήθως το όνομα του πλοίου, τον αριθμό IMO, την ιδιοκτησία, τα τεχνικά στοιχεία αλλά όχι ιδιαίτερα στοιχεία για το πλήρωμα.

Ωστόσο, η σύμβαση γενικά αποφεύγει την ανάγκη διατύπωσης ακριβέστερων υποχρεώσεων των κρατών σημαίας. Η ακριβέστερη έκταση των υποχρεώσεων των κρατών σημαίας έχει αφεθεί να αναπτυχθεί από τον IMO.

Οι διατάξεις σχετικά με την ιθαγένεια των πλοίων και τα καθήκοντα των κρατών σημαίας, όπως ορίζονται στην UNCLOS σχεδιάστηκαν για τα συμβατικά πλοία, με έναν πλοίαρχο και το πλήρωμά του, και μπορούν αποδειχθούν προβληματικές για τα μη επανδρωμένα πλοία. Για παράδειγμα η ευθύνη του κράτους σημαίας να απαιτήσει από τον πλοίαρχο και το πλήρωμα να παρέχουν βοήθεια σε άτομα που βρίσκονται σε κίνδυνο ή αγωνία στη θάλασσα όπως ορίζεται στον κανονισμό V / 33 της SOLAS.

Έτσι λοιπόν τίθεται το ερώτημα αν οι διατάξεις που αφορούν το κράτος σημαίας σχετικά με τον πλοίαρχο, τους αξιωματικούς και το πλήρωμα στα επανδρωμένα πλοία θα καταστούν άχρηστα και συνεπώς δεν θα εφαρμόζονται, είτε πρέπει να εφαρμοστούν κατά αναλογία για τον ελεγκτή του πλοίου στη ξηρά. Διαφορετικές ερμηνείες είναι δυνατές.

Η πιο ακραία ερμηνεία θα ήταν ότι τα μη επανδρωμένα πλοία είναι παράνομα λόγω του γεγονότος ότι δεν υπάρχει πλοίαρχος και αξιωματικοί επί του πλοίου που να κατέχουν τα κατάλληλα προσόντα και το κράτος σημαίας έχει την ευθύνη να απαγορεύσει τα μη επανδρωμένα πλοία. Μια άλλη, πιο πιθανή ερμηνεία είναι ότι τα καθήκοντα αυτά που αναφέρονται στις συμβάσεις θα καταστούν παρωχημένα, διότι δεν θα υπάρχει πλοίαρχος και αξιωματικοί που να είναι άμεσα υπεύθυνοι. Τέλος, ενδέχεται τα καθήκοντα που περιγράφονται στις συμβάσεις να ερμηνευθούν κατ' αναλογία σε ένα κέντρο ελέγχου της ξηράς.

Στην πράξη, μπορεί ο χειριστής ο οποίος θα βρίσκεται στην ξηρά και θα έχει ένα μη επανδρωμένο πλοίο υπό τον έλεγχό του να θεωρείται ως «πλοίαρχος» κατά την έννοια του υπάρχοντος κειμένου της UNCLOS. Ωστόσο, το καθήκον ενός χειριστή στην ξηρά δεν είναι εντελώς πανομοιότυπο με αυτό του πλοιάρχου ενός επανδρωμένου πλοίου. Για τα αυτόνομα πλοία λοιπόν, χωρίς κανένα εμπλεκόμενο πλήρωμα ένα από τα βασικά ζητήματα που προκύπτει είναι εάν τα άτομα που χειρίζονται και ελέγχουν το πλοίο στην ξηρά εξομοιώνονται με ένα παραδοσιακό πλήρωμα.

Παράλληλα, όσο αφορά το θέμα της ιθαγένειας των πλοίων, ο καθηγητής E.Van Hooydonk ισχυρίζεται ότι, ενδεχομένως να είναι άσκοπο να εξαναγκαστεί η μη επανδρωμένη ναυτιλία στην έννοια της εθνικότητας των πλοίων και αμφισβητεί εάν το παλαιό δόγμα, το οποίο υποθέτει ότι τα πλοία συνδέονται άμεσα με το κράτος σημαίας, εξακολουθεί να ισχύει σήμερα. (Van Hooydonk, 2014) Μια πιθανή λύση στο ανωτέρω πρόβλημα είναι η καθιέρωση της πραγματικής σχέσης μεταξύ κράτους και μη επανδρωμένου πλοίου, αποκλειστικά από την κυριότητα και τη διαχείριση του πλοίου.

Εν κατακλείδι, ανεξάρτητα από το πόσο περιεκτικό ήταν κατά τη στιγμή της σύναψής του, το σύνταγμα των ωκεανών και οι άλλες συμβάσεις του ναυτικού δικαίου, δεν προέβλεπαν την έλευση της μη επανδρωμένης ναυτιλίας. Η ιστορία έχει ήδη δείξει ότι ο νόμος της θάλασσας μπορεί να τροποποιηθεί και να προσαρμοστεί στο περιβάλλον και τις τεχνολογικές εξελίξεις, μέσω κρατικής πρακτικής και δράσεις διεθνών οργανισμών, όπως ο IMO. Νέες συμβάσεις θα μπορούσαν να δημιουργηθούν, ώστε να παρέχουν κάποια σαφήνεια και τα κράτη σημαίας θα μπορούσαν να προσαρμοστούν στις νέες απαιτήσεις που επιτάσσει η σύγχρονη πραγματικότητα των μη επανδρωμένων πλοίων.

4.1.4 Δικαιοδοσία λιμενικών και παράκτιων κρατών

Ενώ η δικαιοδοσία του κράτους σημαίας ισχύει ανεξάρτητα από την τοποθεσία του πλοίου, η παράλληλη δικαιοδοσία των κρατών σχετικά με το ίδιο πλοίο εξαρτάται από τη θαλάσσια ζώνη που βρίσκεται αυτό. Η εξουσία του παράκτιου κράτους έναντι ενός πλοίου που φέρει τη σημαία ξένου κράτους αυξάνεται με την εγγύτητα του πλοίου στις ακτές του.

Εάν ένα πλοίο είναι παρόν σε έναν από τους λιμένες ή στα εσωτερικά ύδατα του παράκτιου κράτους, η δικαιοδοσία του επί ξένων πλοίων είναι πλήρης. Όσο αφορά τα πλοία που διέρχονται από τα χωρικά ύδατα, τα οποία μπορούν να επεκταθούν έως και 12 ναυτικά μίλια από την ακτογραμμή / γραμμή βάσης, τα δικαιώματα των παράκτιων κρατών είναι

περιορισμένα. Σύμφωνα με μια μακροχρόνια αρχή του νόμου της θάλασσας, όλα τα πλοία απολαμβάνουν δικαίωμα "αβλαβούς περάσματος" μέσω των εδαφικών θαλασσών άλλων κρατών. Το πέρασμα θεωρείται αθώο εφόσον δεν είναι «επιζήμιο για την ειρήνη, την καλή τάξη ή την ασφάλεια του παράκτιου κράτους».

Η προειδοποίηση της διέλευσης ή της άφιξης ενός μη επανδρωμένου πλοίου σε ένα παράκτιο κράτος, μπορεί να είναι λεκτική ή ηλεκτρονική και θα αποτελεί ένδειξη της πρόθεσης εισόδου στον λιμένα. Πιθανότατα, η επικοινωνία θα γίνεται με την ομάδα που θα βρίσκεται στο κέντρο ελέγχου στην ξηρά. Το παράκτιο κράτος θα έχει το δικαίωμα να προβεί σε φυσική επιθεώρηση του αυτόνομου πλοίου και μπορεί να απαιτήσει από το κέντρο ελέγχου να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ταυτότητα και τον λιμένα νηολόγησης του και άλλες σχετικές πληροφορίες που απαιτούνται για να διαπιστωθεί εάν έχει υπάρξει κάποιου είδους παραβίαση.

Όταν ένα πλοίο επιλέγεται για επιθεώρηση, υπάρχει συνήθως επικοινωνία μεταξύ του επιθεωρητή ελέγχου, του κράτους λιμένα και του πλοιοκτήτη, και ο επιθεωρητής επιβιβάζεται στο πλοίο. Το πρώτο στάδιο της φυσικής επιθεώρησης των αυτόνομων πλοίων θα περιοριστεί σε εξέταση εγγράφων, ή αρχείων επί του σκάφους, τα οποία μπορούν απλά να ψηφιοποιηθούν. Ένα δεύτερο και πιο διερευνητικό στάδιο επιθεώρησης μπορεί να αναληφθεί αν υπάρχουν ζητήματα με τέτοια έγγραφα και διαπιστωθεί παραβίαση. Στην περίπτωση αυτή, το πλοίο θα απελευθερωθεί μετά την ολοκλήρωση εύλογων διαδικασιών, όπως ισχύει για κάθε άλλο πλοίο.

Στους κανονισμούς που θα θεσπιστούν για τα μη επανδρωμένα πλοία σε συνάρτηση με τα παράκτια κράτη, θα πρέπει να αναλυθεί το σενάριο στο οποίο πρέπει να καθοριστεί το ανθρώπινο πρόσωπο πίσω από μια ενδεχόμενη παραβίαση αλλά και ένα δυνητικά πιο σύνθετο ζήτημα στο οποίο ένα αυτόνομο πλοίο ζητάει καταφύγιο σε λιμένα ή ασφαλή ύδατα του κράτους. Αν και το παράκτιο κράτος έχει δικαιώματα αυτοπροστασίας σύμφωνα με το συμβατικό δίκαιο, αυτό θα πρέπει να καθοδηγηθεί από τις κατευθυντήριες γραμμές του IMO για τα πλοία που χρειάζονται βοήθεια.

4.1.5 Η Διεθνής Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα

Η σύμβαση SOLAS αποτελεί τη ραχοκοκαλιά της ρύθμισης της διεθνούς θαλάσσιας ασφάλειας. Θεσπίζει ένα ολοκληρωμένο σύστημα για την επιθεώρηση και τις απαιτήσεις πιστοποίησης για τα πλοία ώστε να εξασφαλίζεται η συμμόρφωση με τις διεθνείς προδιαγραφές. Η πρώτη έκδοση τέθηκε σε ισχύ το 1914 μετά την καταστροφή του Τιτανικού.

Ακολούθησαν πολλές τροπολογίες και ενημερώσεις μέχρι την έκδοση του 1974, η οποία ισχύει μέχρι και σήμερα.

Μέσα από δεκατέσσερα κεφάλαια και πολυάριθμους κώδικες, καθορίζει πρότυπα, μεταξύ άλλων, για την κατασκευή, τα μηχανήματα, τον χειρισμό των φορτίων, τη σταθερότητα, τον εξοπλισμό και τις διαδικασίες διάσωσης, των ραδιοεπικοινωνιών, την ασφαλή μεταφορά φορτίων και καυσίμων, τη μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων, τα πρόσθετα πρότυπα για συγκεκριμένα είδη πλοίων (π.χ. πυρηνικά πλοία, φορτηγά πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην), την ασφαλή πλοήγηση, τη διαχείριση για ασφαλή λειτουργία του πλοίου.

Στο πλαίσιο αυτού του καθεστώτος, τα κράτη σημαίας είναι υπεύθυνα για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης των πλοίων που φέρουν τη σημαία τους με αυτές τις απαιτήσεις. Η SOLAS δεν αναφέρει γενικό ορισμό του "πλοίου" και έτσι η λειτουργία μη επανδρωμένων πλοίων δεν αποτελεί εμπόδιο στην εφαρμογή. Παρόλα αυτά η SOLAS δεν έχει κανόνες που να αφορούν το κέντρο ελέγχου που βρίσκεται στην ξηρά. Ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα που προκύπτουν κατά την προσπάθεια εφαρμογής της SOLAS στα μη επανδρωμένα πλοία είναι το κεφάλαιο V του κανονισμού 14, που αφορά την επάνδρωση. Οι φράση "πρέπει να είναι επαρκώς και αποτελεσματικά επανδρωμένο» σημαίνει ότι με κάποιο τρόπο αυτή η απαίτηση πρέπει να πληρείται, διαφορετικά ο κανόνας πρέπει να προσαρμοστεί για να αντικατοπτρίζει τη νέα πραγματικότητα ενός πλοίου χωρίς πλήρωμα. Στα αυτόνομα πλοία, οι εργασίες παρακολούθησης από τη γέφυρα, που εκτελούνται από τον άνθρωπο θα αντικατασταθούν από μια πληθώρα αισθητήρων και καμερών εκτός από τα συνήθη όργανα, όπως το ραντάρ και το AIS, ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία σύνθετων ροών δεδομένων και να καθίσταται δυνατή η πλήρης εκτίμηση της θέσης και της κατάστασης του πλοίου.

Θα είναι λοιπόν απαραίτητο να συμπεριληφθούν κανονισμοί που να καθορίζουν τα ελάχιστα αποδεκτά πρότυπα λειτουργίας των πλοίων αυτών καθώς και να αναθεωρηθεί ο Διεθνής Κώδικας Διαχείρισης της Ασφάλειας (ISM) που επιβάλλει υποχρεώσεις σχετικά με το προσωπικό της ναυτιλιακής εταιρίας στην ξηρά, ώστε οι εργασίες της να έχουν ένα κατάλληλο πλαίσιο, με σαφή πρότυπα όσον αφορά την οργανωτική της δομή, τις εσωτερικές ιεραρχίες, τις γραμμές επικοινωνίας και την εκκαθάριση των πληροφοριών, καθώς και την πιστοποίηση και τις διαδικασίες έκτακτης ανάγκης. Με λίγα λόγια, θα πρέπει να αναπτυχθούν και να ρυθμιστούν νέα διεθνή πρότυπα για τα νέα όργανα και τις διαδικασίες που θα αντικαταστήσουν τα ανθρώπινα καθήκοντα.

4.1.6 Η Διεθνής Σύμβαση για τα Πρότυπα Εκπαίδευσης, Πιστοποίησης και Τήρησης Φυλακών

Η σύμβαση STCW του 1978 καθορίζει τα πρότυπα εκπαίδευσης, προσόντων και πιστοποίησης των ναυτικών και ισχύει μόνο για αυτούς που υπηρετούν στα πλοία, καθώς ορίζει τον ναυτικό ως «κάθε πρόσωπο που απασχολείται ή προσλαμβάνεται ή εργάζεται επί του πλοίου».

Το καθεστώς του ναυτικού βασίζεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της εργασιακής απασχόλησης στη θάλασσα. Αυτά περιλαμβάνουν, το διεθνοποιημένο περιβάλλον, τους κινδύνους για την ασφάλεια, την μακροπρόθεσμη παρουσία στον τόπο εργασίας και την απουσία από το σπίτι με περιορισμούς στην οικογενειακή και κοινωνική ζωή.

Ένας χειριστής στο κέντρο ελέγχου, δεν χρειάζεται να αντιμετωπίσει κανέναν από αυτούς τους δυσμενείς παράγοντες. Συνεπώς η απασχόλησή του δεν θα πρέπει να διέπεται από τους ειδικούς κανόνες του θαλάσσιου δικαίου. (Van Hooydonk, 2014)

Από την άλλη πλευρά, ορισμένες ευθύνες του πλοίαρχου και των αξιωματικών θα μετακινηθούν αναπόφευκτα στον χειριστή του κέντρου ελέγχου. Ο χειριστής από το γραφείο ελέγχου, θα πρέπει να διεξάγει τον ικανοποιητικό χειρισμό ενός πολύ ακριβού μέσου μεταφοράς που μπορεί να φέρει πολύτιμο φορτίο και να αποτρέπει ατυχήματα που θα μπορούσαν να προκαλέσουν σημαντική βλάβη στο περιβάλλον, σε άλλα πλοία και στα άτομα που ζουν στην ακτή και στα λιμάνια. Ακριβώς όπως ο πλοίαρχος, ο χειριστής που βρίσκεται στην ξηρά πρέπει να έχει ορισμένα χαρακτηριστικά, όπως καλή κρίση, ικανότητα να επικοινωνεί καλά με άλλους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων καθώς και τις απαιτούμενες τεχνικές γνώσεις τόσο των ναυτικών θεμάτων όσο και της πληροφορικής.

Η μη επανδρωμένη ναυτιλία θα εισάγει προσωπικό που θα είναι επιφορτισμένο με την πλοήγηση του σχετικού πλοίο και δεν υπάρχει επί του παρόντος ένα αντίστοιχο καθεστώς που να ορίζει τα προσόντα τα οποία θα πρέπει να κατέχει το εν λόγω προσωπικό. Θα πρέπει όμως με βεβαιότητα να διαθέτει υψηλή εξειδίκευση πλοήγησης, μηχανικής και πληροφορικής του σκάφους. Συνεπώς τα πρότυπα για την εκπαίδευσή και την πιστοποίηση του προσωπικού της ξηράς θα πρέπει να διαμορφωθούν. (Chircop, 2018)

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι θα καταστήσει περιττή η εφαρμογή μεγάλου μέρους της Σύμβασης STCW, καθώς και η σημαντική Σύμβαση Ναυτικής Εργασίας του 2006 (MLC), η οποία προωθεί τα δικαιώματα των ναυτικών και θεσπίζει ένα πλαίσιο για τους όρους απασχόλησης, επαγγελματικής υγείας και ασφάλειας στα πλοία.

4.1.7 Οι Διεθνείς Κανονισμοί για την Πρόληψη των Συγκρούσεων στη Θάλασσα

Οι Διεθνείς Κανονισμοί για την Πρόληψη των Συγκρούσεων στη Θάλασσα του 1972 (COLREGS) εξέθεσαν τους κανόνες που πρέπει να ακολουθούνται με στόχο την πρόληψη των συγκρούσεων στη θάλασσα και ισχύουν για την ανοικτές θάλασσες και όλα τα ύδατα πλεύσης. Οι COLREGs περιλαμβάνουν βασικούς κανόνες για την ασφαλή πλοήγηση σε συνθήκες κανονικής και μειωμένης ορατότητας και τη σηματοδότηση σε άλλα πλοία. Το αυτόνομο πλοίο θα υποχρεωθεί να τηρεί τους COLREGs και το πρότυπο καλής ναυτικής ικανότητας. Οι κανόνες είναι σαφείς στην αναφορά τους και κατά συνέπεια δεν παρέχουν άμεσο πρόβλημα ερμηνείας. Ο ορισμός του πλοίου ως "κάθε σκάφος που χρησιμοποιείται ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο μεταφοράς πάνω από το νερό καλύπτει εύκολα το MASS. Τα αυτόνομα πλοία δεν αναμένεται να απολαμβάνουν ειδικά προνόμια. Σαφέστατα, θα προκύψουν επιπλέον ζητήματα τα οποία προέρχονται από το πώς θα εφαρμοστούν οι κανονισμοί όταν ένα μη επανδρωμένο πλοίο βρίσκεται κοντά σε άλλα επανδρωμένα πλοία και τις πιθανές νομικές συνέπειες μιας ενδεχόμενης σύγκρουσης.

Το άρθρο 2 είναι αναμφισβήτητα η σημαντικότερη διάταξη των COLREGs και αναφέρει ότι "Κανένας από τους κανόνες δεν απαλλάσσει κανένα πλοίο ή τον πλοιοκτήτη, τον πλοίαρχο ή το πλήρωμά του από τις συνέπειες κάθε παραμέλησης τυχόν προφυλάξεων που απαιτούνται από τη συνήθη πρακτική των ναυτικών ή από τις ειδικές περιστάσεις της υπόθεσης". Το συγκεκριμένο άρθρο, επιβεβαιώνει τη σημασία της καλής ναυτικής ικανότητας πέρα από την αυστηρή τήρηση των κανόνων διεύθυνσης και δηλώνει ρητώς ότι απαιτείται ανθρώπινη κρίση στον βρόχο λήψης αποφάσεων. Τα αυτόνομα πλοία υπό μόνιμη εποπτεία και ικανότητα ανάληψης απομακρυσμένου ελέγχου θα πρέπει να ανταποκρίνεται αναμφίβολα στην απαίτηση αυτή.

Όπως περιεγράφηκε προηγουμένως, το αυτόνομο πλοίο θα είναι εξοπλισμένο με ένα εξελιγμένο σύστημα τεχνολογιών για πλήρη επίγνωση της κατάστασης, συμπεριλαμβανομένων των ραντάρ, των αισθητήρων, και των καμερών και όλα τα ανωτέρω δεδομένα συνδυαστικά, θα παράγουν έναν αλγόριθμο που θα μεταφράζεται σε πληροφορίες και συμβουλές για ανθρώπινη ή αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων. Θεωρητικά, η αυτοματοποίηση θα είναι σε θέση να προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια στην πλοήγηση και κατ' επέκταση να μειώσει τις θαλάσσιες συγκρούσεις.

4.1.8 Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από τα Πλοία

Η MARPOL είναι ο κύριος κανονισμός του IMO, ο οποίος αφορά επιλεγμένες μορφές ρύπανσης, προερχόμενες από τα πλοία. Περιλαμβάνει ειδικές απαιτήσεις για την κατασκευή και τον εξοπλισμό, συμπεριλαμβανομένων των ορίων απόρριψης, τις διαδικασίες μεταφοράς από πλοίο σε πλοίο και πολλές απαιτήσεις υποβολής εκθέσεων σε περίπτωση διαρροών. Τα μη επανδρωμένα πλοία θα πρέπει να συμμορφώνονται με τις διατάξεις της MARPOL στον ίδιο βαθμό με τα αντίστοιχα επανδρωμένα.

Η απουσία πληρωμάτων όμως στο αυτόνομο πλοίο αναμένεται να έχει επιπτώσεις στην περιβαλλοντική νομοθεσία όσον αφορά τις διαδικασίες επί του πλοίου, όπως η διαχείριση αποβλήτων και οι απαιτήσεις υποβολής εκθέσεων καθώς δεν θα υπάρχει πλήρωμα για να εκτελέσει τις διαδικασίες αυτές και συνεπώς μέρος αυτών θα πρέπει να γίνεται αυτοματοποιημένα και ηλεκτρονικά.

4.1.9 Συμπεράσματα

Παρόλο που ένα μεγάλο μέρος του διεθνούς ναυτικού δικαίου είναι σε θέση να φιλοξενήσει τα μη επανδρωμένα πλοία, υπάρχουν πολλοί κανονισμοί που θα πρέπει να επανεξεταστούν. Ο IMO κατά την διάρκεια επανεξέτασης των κανονισμών θα ακολουθήσει μια προσέγγιση, με την οποία θα στοχεύει στη διερεύνηση των επιπτώσεων των μη επανδρωμένων πλοίων που χρησιμοποιούν διαφορετικά επίπεδα αυτονομίας. Ωστόσο, οι κανονισμοί του IMO, ιδίως η SOLAS, η STCW και οι COLREGs, καθιστούν σαφές ότι η ανθρώπινη συμμετοχή στη διαδικασία λήψης αποφάσεων είναι απαραίτητη, ακόμη και όταν δεν θα υπάρχει παρακολούθηση επί του ίδιου του πλοίου.

Σε κάθε περίπτωση, το πρότυπο ασφαλείας θα πρέπει να διατηρηθεί υψηλό. Ίσως ακόμη υψηλότερο από τα παραδοσιακά πλοία, λόγω του σκεπτικισμού που εξακολουθεί να υπάρχει γύρω από την έννοια των αυτόνομων συστημάτων. Και λόγω του παγκόσμιου χαρακτήρα της εμπορικής ναυτιλίας ένα ομοιόμορφο καθεστώς θα πρέπει να τεθεί σε ισχύ. Οι συζητήσεις για την τροποποίηση των κανονισμών ενδέχεται να διαρκέσουν αρκετό χρόνο αφού η συμφωνία μόνο ενός μικρού αριθμού κρατών δεν θα είναι αρκετή για να επηρεάσει την αλλαγή σε διεθνές επίπεδο.

4.2 Προκλήσεις ευθύνης

4.2.1 Εισαγωγή

Η πλοήγηση ενός πλοίου, είχε ανατεθεί παραδοσιακά σε εκπαιδευμένους ναυτικούς των οποίων οι αρμοδιότητες και συνεπώς οι ευθύνες, μπορούσαν να εξασφαλιστούν βάσει καθορισμένων προτύπων. Παρόλο που τα μη επανδρωμένα πλοία προβλέπεται ότι θα είναι ασφαλέστερα από τα επανδρωμένα, είναι λογικό ότι αργά ή γρήγορα, θα προκαλέσουν κάποιο ατύχημα. Η πλοήγηση ενός μη επανδρωμένου πλοίου, θα είναι το καθήκον ενός χειριστή σε ένα κέντρο ελέγχου στην ξηρά ή εναλλακτικά, των προγραμματιστών του λογισμικού του. Συνεπώς η ευθύνη που θα απορρέει από ένα ατύχημα που προκαλείται από ένα μη επανδρωμένο πλοίο θα μεταβληθεί. Η ευθύνη θα μπορούσε να κατανεμηθεί μεταξύ του χειριστή στο κέντρο ελέγχου, του κατασκευαστή ενός μεμονωμένου εξαρτήματος του, των προγραμματιστών του λογισμικού του, του πλοιοκτήτη και όπως είναι ήδη αντιληπτό, δεν θα είναι πάντα εύκολη. Με άλλα λόγια, εισάγονται πλέον νέοι φορείς ευθύνης και ακόμη και αυτοί που διατηρούνται αναλαμβάνουν αναμφίβολα πολύ διαφορετικές ευθύνες.

4.2.2 Ευθύνη του πλοιάρχου

Ο κυβερνήτης ανέκαθεν θεωρείτο παντοδύναμη αρχή επί του πλοίου. Είχε την ευθύνη για όσα συνέβαιναν στο πλοίο κατά τη διάρκεια του ταξιδιού, την αρμοδιότητα να εκπροσωπεί τον πλοιοκτήτη στα απομακρυσμένα λιμάνια αλλά και την εξουσία να εκτελεί διάφορα δημόσια καθήκοντα ως διοικητής, πειθαρχικός δικαστής, συμβολαιογράφος, γραμματέας κλπ. Ωστόσο, λόγω των νέων τεχνολογιών, που οδήγησαν σε καλύτερα μέσα επικοινωνίας και ανταλλαγής δεδομένων, η αυτονομία του πλοιάρχου μειώθηκε.

Σήμερα, ο πλοίαρχος δεσμεύεται από την σύμβαση εργασίας του και εργάζεται με εμπορικούς κανόνες. Παρ 'όλα αυτά, παραμένει ένα είδος μονάρχη στην ανοικτή θάλασσα σε σχέση με το πλοίο και το πλήρωμα. Ορισμένοι εθνικοί νόμοι, ορίζουν τον πλοίαρχο ως οποιοδήποτε πρόσωπο στο οποίο μεταβιβάζεται η αρχή του πλοίου ή ως πρόσωπο που ασκεί πραγματικά την εν λόγω αρχή, ή κάποιος που έχει αναλάβει με εντολή τη διοίκηση του σκάφους ή οποιοδήποτε πρόσωπο που τον αντικαθιστά. Αυτοί οι ευρύτεροι ορισμοί προορίζονται για καταστάσεις που ένας προσωρινά ανίκανος, απών ή αποθανών πλοίαρχος αντικαθίσταται από άλλο αξιωματικό. Δεν σχεδιάστηκαν σε καμία περίπτωση για τη νέα κατάσταση που θα

δημιουργηθεί από την εισαγωγή μη επανδρωμένων πλοίων, αλλά κατ' αρχήν θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε αυτή. (Sage-Fuller, 2013)

Συνεπώς τίθεται το ερώτημα ποιος θα νοείται ως πλοίαρχος, αν δεν υπάρχει κανένας στο πλοίο, και αυτός που το ελέγχει βρίσκεται στην ξηρά, σε ένα κέντρο ελέγχου. Ο πλοίαρχος ενός πλοίου δεν μπορεί σε καμία περίπτωση, να εξομοιωθεί πλήρως με τον χειριστή ενός κέντρου ελέγχου, λόγω των σοβαρών διαφορών στις συνθήκες εργασίας και έτσι δεν υπάρχει κανένας λόγος να έχει για παράδειγμα τις ίδιες εξουσίες δημόσιας αρχής. Παρόλα αυτά, λαμβάνοντας υπόψη ότι η μεγάλη ευθύνη της εργασίας και των δύο (η πλοήγηση ενός ακριβού μέσου με πολύτιμο φορτίο), θα παραμείνει η ίδια, μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο χειριστής του πλοίου στην ξηρά θα συνεχίσει να θεωρείται υπεύθυνος σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως η βαριά αμέλεια και το εσκεμμένο παράπτωμα. Θα πρέπει δηλαδή, να θεσπιστεί νέος κανονισμός που θα καθιστά τον χειριστή στο κέντρο ελέγχου αστικά ή ποινικά υπεύθυνο σε αυτές τις περιπτώσεις.

4.2.3 Κανόνες ευθύνης στα πλαίσια των διαφόρων συμβάσεων

Στην εμπορική ναυτιλία, οι κυριότερες δύο συμβάσεις είναι το ναυλοσύμφωνο και το συμβόλαιο μεταφοράς. Το ναυλοσύμφωνο είναι μια ιδιωτική σύμβαση που χρησιμοποιείται για την εκμίσθωση ολόκληρου του πλοίου από έναν ναυλωτή με σκοπό την μεταφορά εμπορευμάτων. Το πλοίο μπορεί να ναυλωθεί για ορισμένο χρονικό διάστημα (χρονοναύλωση), για ένα μόνο ταξίδι (ναύλωση ταξιδιού) ή ο ναυλωτής μπορεί να επιλέξει τον πλήρη έλεγχο του σκάφους, οπότε θεωρείται νόμιμος ιδιοκτήτης του (ναύλωση γυμνού πλοίου). Στο συμβόλαιο μεταφοράς, ο μεταφορέας οφείλει να εξασφαλίσει ότι το πλοίο είναι αξιόπλοο, και υποχρεούται να φέρει το πλήρες φορτίο ανέπαφο στον προορισμό του μέσα στον προκαθορισμένο χρόνο.

Στην περίπτωση του ναυλοσυμφώνου, τα συμβαλλόμενα μέρη μπορούν να συνεχίσουν να υφίστανται χωρίς περιορισμούς για τα μη επανδρωμένα πλοία καθώς το γεγονός ότι δεν θα υπάρχει πλέον πλήρωμα στο πλοίο, δεν αλλάζει τίποτα στις υποχρεώσεις του πλοιοκτήτη και του ναυλωτή. Ορισμένες μικρές προσαρμογές στη σύμβαση ενδέχεται να απαιτηθούν, όπως ο ορισμός του ποιος είναι υπεύθυνος για την πρόσληψη των χειριστών που θα βρίσκονται στο κέντρο ελέγχου της ξηράς. Και πάλι, αυτό ενδεχομένως δεν θα διαφέρει πολύ με την τρέχουσα κατάσταση σχετικά με το ποιος είναι υπεύθυνος για την πρόσληψη του πληρώματος. Το ίδιο ισχύει και για τη μεταφορά αγαθών από μη επανδρωμένα πλοία, όπου δεν θα αλλάξουν σχεδόν

καθόλου οι κίνδυνοι ευθύνης του μεταφορέα. Ο μεταφορέας θα εξακολουθήσει να θεωρείται υπεύθυνος για ζημιά, απώλεια ή καθυστέρηση στην παράδοση αγαθών, ανεξάρτητα από το αν αυτό οφείλεται σε σφάλμα του προσωπικού της ξηράς ή δυσλειτουργία του συστήματος πληροφορικής του πλοίου.

4.2.4 Ευθύνη έναντι τρίτων

Τα μη επανδρωμένα πλοία θα είναι σε θέση να συρρικνώσουν την κύρια αιτία των θαλάσσιων ατυχημάτων, το ανθρώπινο λάθος. Ωστόσο, αυτό δεν σημαίνει ότι δεν θα υπάρχουν πλέον ναυτικά ατυχήματα. Μπορούν πάντοτε να προκύψουν απρόβλεπτα ζητήματα, όπως μια σύγκρουση λόγω ελαττωματικού εξοπλισμού πλοήγησης ή λόγω απώλειας σύνδεσης, οδηγώντας σε σωματικές βλάβες και υλικές ζημιές. Εάν ο πλοιοκτήτης είναι υπεύθυνος, κάθε φορά που το μη επανδρωμένο πλοίο του θα προκαλεί ζημιές, λόγω προβλημάτων του εξοπλισμού πλοηγήσεως, θα είναι απρόθυμος να επενδύσει στην αγορά και τη λειτουργία του.

Η διάκριση μεταξύ πλήρως αυτόνομων πλοίων και απομακρυσμένα ελεγχόμενων, έχει μεγάλη σημασία για την εγκαθίδρυση ευθύνης. Τα πλήρως αυτόνομα πλοία δεν απαιτούν ανθρώπινη παρέμβαση στην πλοήγηση. Αν ένα τέτοιο πλοίο συγκρουόταν για παράδειγμα, θα ήταν σχεδόν αδύνατο να προσδιοριστεί το πρόσωπο που έχει διαπράξει άμεσα κάποιο σφάλμα. Βλάβη συστήματος ή ελαττωματικό λογισμικό θα μπορούσαν να αναγκάσουν το αυτόνομο πλοίο να αποκλίνει από την ασφαλή διαδρομή του και να συντριβεί σε άλλο.

Στο πλαίσιο αυτού του καθεστώτος, όταν τα πλοία προκαλούν ζημιές ή τραυματισμούς λόγω ελαττώματος των αισθητήρων, των ραντάρ, των IT συστημάτων κλπ., οι κατασκευαστές είναι πιθανό να αντιμετωπίζουν ευθύνη για τη ζημία που προκαλούν τα προϊόντα τους, εάν αυτά δεν βρίσκονται πάνω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο ασφάλειας που θα μπορούσε ευλόγως να αναμενόταν από αυτούς. Η ευθύνη του κατασκευαστή υφίσταται το δικό της νομικό καθεστώς, το οποίο ερμηνεύεται στις ευρωπαϊκές ρυθμίσεις. Ο παραγωγός, ευθύνεται για τη ζημία που προκαλείται από ένα ελάττωμα του τελικού προϊόντος ή συστατικού μέρους αυτού. Ως εκ τούτου, ο αιτών δεν υποχρεούται να αποδείξει σφάλμα ή αμέλεια του παραγωγού, παρά μόνο ότι ανάμεσα στη ζημία και το ελάττωμα υπάρχει αιτιώδης σχέση.

Από την άλλη πλευρά, στην περίπτωση των ελεγχόμενων από την ξηρά μη επανδρωμένων πλοίων, ο εφοπλιστής πιθανόν να θεωρείται υπεύθυνος για τις πράξεις και τις παραλείψεις των ατόμων που τα χειρίζονται. Αν οι χειριστές για παράδειγμα, παραβιάσουν τους κανόνες COLREGs, με αποτέλεσμα το πλοίο να προκαλέσει ζημιές και εξισώνονται με

τον καπετάνιο και το πλήρωμα, η αποζημίωση για ζημιές ή τραυματισμούς, που προκλήθηκαν από υπαιτιότητα δικιά τους, θα μπορούσε να ζητηθεί από τον εφοπλιστή. Επίσης, αν οι χειριστές δεν διαπράξουν σφάλμα, αλλά το αυτόνομο πλοίο προκαλέσει ατύχημα, ο εφοπλιστής και πάλι θα θεωρηθεί υπεύθυνος, καθώς αυτός είναι ο κάτοχος του ελαττωματικού αυτόνομου πλοίου. Αυτό πιθανότατα θα οδηγήσει στη δημιουργία περαιτέρω προτύπων δέουσας επιμέλειας εκ μέρους του εφοπλιστή, επιπλέον απαιτήσεις πιστοποίησης για προγραμματιστές εξαρτημάτων, λογισμικού και νέα πρότυπα κατάρτισης και προσόντων για τους χειριστές στο κέντρο ελέγχου.

4.2.5 Συμπεράσματα

Στο εγγύς μέλλον, οι κατασκευαστές συστημάτων πληροφορικής και οι σχεδιαστές λογισμικού αυτόνομων πλοίων, θα μπορούσαν να θεωρηθούν υπεύθυνοι για τις ζημίες που προκλήθηκαν από ελαττώματα στα εξαρτήματά τους. Ταυτόχρονα, το ίδιο θα μπορούσε να συμβεί και εάν οι χειριστές στο κέντρο ελέγχου αναλάμβαναν πρακτικά και νόμιμα, το ρόλο του πλοίαρχου και οι υποχρεώσεις του μεταβιβαζόταν σε αυτούς.

Ωστόσο, η ευθύνη δεν είναι γενική και απεριόριστη. Σε κάθε διαδικασία, τα καθήκοντα και οι ευθύνες είναι διαφορετικά. Το βασικό σημείο είναι η τήρηση των υποχρεώσεων συμμόρφωσης με τους εκάστοτε διεθνείς κανονισμούς. Για τον λόγο αυτό, οι διεθνής κανονισμοί και οι επιμέρους διαφορετικές συμβάσεις θα πρέπει να αναθεωρηθούν προκειμένου να διαχωριστούν οι διάφορες ευθύνες και τα καθήκοντα και να καθοριστεί ποιος θα είναι υπεύθυνος για κάθε είδος σφαλμάτων και ζημιών.

Τα μη επανδρωμένα πλοία και η αυτόνομη πλοήγηση εν γένει, έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο κατανέμεται η ευθύνη για ατυχήματα ή περιστατικά στη θάλασσα. Ωστόσο, η διαδικασία τροποποίησης των κανονισμών είναι πολύπλοκη και χρονοβόρα.

4.3 Προκλήσεις για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο

4.3.1 Εισαγωγή

Η ραγδαία ανάπτυξη της Τεχνολογίας των Πληροφοριών και των Επικοινωνιών (ICT), οδήγησε στη δυνατότητα κατασκευής ενός μη επανδρωμένου πλοίου, η πλοήγηση του οποίου

θα γίνεται εξ αποστάσεως, με καινοτόμα συστήματα επικοινωνίας και διασύνδεσης. Τα εν λόγω συστήματα, τα οποία είναι ευρέως γνωστά ως Cyber-Enabled Systems, είναι συστήματα πλοίων τα οποία ελέγχονται παραδοσιακά από το πλήρωμα του πλοίου αλλά τα οποία, χάρη στις πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία της πληροφορικής και της επιχειρησιακής τεχνολογίας, απέκτησαν την ικανότητα παρακολούθησης και ελέγχου από απόσταση με ή χωρίς την ύπαρξη πληρώματος στο πλοίο. (Reilly and Jorgensen, 2016) Δυστυχώς όμως, όπως κάθε είδους τεχνολογική ανακάλυψη, έτσι και τα συστήματα αυτά, ενέχουν τον κίνδυνο να χρησιμοποιηθούν για κακόβουλους σκοπούς.

Οι δυνατότητες δικτύωσης, συμπληρώνουν αυτά τα συστήματα καθώς επιτρέπουν τον απομακρυσμένο έλεγχό τους, παράλληλα όμως τα εκθέτουν στο διαδίκτυο και στις εγγενείς ευπάθειές του. Τα ευάλωτα σημεία των συστημάτων αυτών που θα χρησιμοποιηθούν εκτενώς στην κατασκευή των μη επανδρωμένων πλοίων, πρέπει να εντοπιστούν για να διασφαλιστεί ότι οι τεχνολογίες θα ενσωματωθούν με ασφάλεια στο σχεδιασμό και τις λειτουργίες των πλοίων. Ταυτόχρονα, οι ναυτιλιακές εταιρείες θα πρέπει να αξιολογήσουν τις ευπάθειές τους και να εφαρμόσουν ισχυρά σχέδια έκτακτης ανάγκης στον κυβερνοχώρο για την προστασία από απειλές. Η άμυνα και η κατάρτιση κατά των επιθέσεων στον κυβερνοχώρο θα είναι ένα ακόμη κόστος των μη επανδρωμένων πλοίων, ειδικά επειδή ένας οργανισμός μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνος εάν δεν λάβει εύλογα βήματα για την προστασία των αυτόνομων πλοίων από μη εξουσιοδοτημένους χειριστές.

Συνεπώς, οι γνώσεις που αποκτήθηκαν στο παρελθόν από παρεμφερή συστήματα, δεν αρκούν και απαιτείται μια συνολική προσέγγιση, που αφορά όλα τα συστήματα του πλοίου και της ξηράς, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο αυτά σχεδιάζονται, συνδέονται και διαχειρίζονται. (Bothur et al., 2017) Οι νέες πρωτοβουλίες στη ναυτιλία, θα πρέπει σε μεγάλο βαθμό να λάβουν υπόψη τα δεδομένα κυβερνοασφάλειας και αναλόγως να προσαρμοστούν. Ο δρόμος βέβαια για την πλήρη προσαρμογή είναι ακόμη μακρύς.

4.3.2 Απειλές κατά της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο

Το ISO/IEC 27032 ορίζει το "Cybersecurity" ή αλλιώς την "Ασφάλεια στον κυβερνοχώρο", ως την "συντήρηση της εμπιστευτικότητας, της ακεραιότητας και της διαθεσιμότητας των πληροφοριών στον Κυβερνοχώρο". Ως Κυβερνοχώρος ορίζεται "το πολύπλοκο περιβάλλον που προκύπτει από την αλληλεπίδραση του ανθρώπου με το λογισμικό

και τις υπηρεσίες στο Διαδίκτυο μέσω συσκευών τεχνολογίας και δικτύων που συνδέονται με αυτό, το οποίο δεν υπάρχει σε καμία φυσική μορφή ". (Lloyds' Registry, 2016)

Οι απειλές κατά της ασφάλειας στα κυβερνο-συστήματα των μη επανδρωμένων πλοίων, είναι μείζονος σημασίας, καθώς μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα τόσο στην ασφάλεια του ίδιου του πλοίου όσο και στην επιχειρηματική δραστηριότητα της πλοιοκτήτριας εταιρείας με σημαντικές οικονομικές απώλειες και πλήγμα στην αξιοπιστία της. Όταν αναφερόμαστε σε απειλές κατά της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο, αναφερόμαστε στις εκάστοτε λειτουργικές αδυναμίες ενός συστήματος, τις οποίες μπορούν να εκμεταλλευτούν κακόβουλα λογισμικά φτιαγμένα για αυτό το σκοπό. Σε περίπτωση διείσδυσης κακόβουλων λογισμικών σε κρίσιμα συστήματά του ίδιου του πλοίου ή του κέντρου ελέγχου στην ακτή, μπορεί να χαθεί η δυνατότητα πλοήγησης και ευστάθειας του, με αποτέλεσμα να προκληθεί σύγκρουση με θύματα ή ρύπανση στο περιβάλλον. Παράλληλα, η μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στην πνευματική ιδιοκτησία της ναυτιλιακής επιχείρησης, μπορεί να επιφέρει κλοπή δεδομένων με σκοπό την χειραγώγηση της.

Για παράδειγμα, ένα ξέσπασμα κακόβουλου λογισμικού τον Ιούνιο του 2017 παρέλυσε πλήθος δικτύων πληροφορικής σχεδόν σε ολόκληρο τον κόσμο προκαλώντας σημαντικές διαταραχές σε επιχειρηματικές δραστηριότητες καθώς και απώλεια εσόδων. Η δανική ναυτιλιακή εταιρεία Moller-Maersk ήταν ένας από τους οργανισμούς που πλήχθηκε περισσότερο και δήλωσε απώλεια τριακοσίων εκατ. δολαρίων λόγω της διακοπής λειτουργίας του συστήματος της καθώς και των προσπαθειών αποκατάστασης του. (Bothur et al., 2017)

Παρακάτω, περιγράφονται τα εν λόγω κρίσιμα σημεία ευπάθειας στα κοινά συστήματα πληροφορικής που θα περιλαμβάνουν τα μη επανδρωμένα πλοία και επεξηγούνται οι κίνδυνοι που συνδέονται με τη μεγάλη εξάρτηση της ναυτιλίας από τα συστήματα αυτά. Πρέπει να τονιστεί ότι ο ρόλος των κοινών συστημάτων πλοήγησης και επικοινωνίας όπως το ECDIS, το AIS και τα VSAT κλπ. θα αποκτήσει ακόμα μεγαλύτερη αξία στα μη επανδρωμένα πλοία.

4.3.2.1 Παρεμβολές στο σήμα GPS

Το παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα και η συνδεσιμότητα των δεδομένων, είναι από τις σημαντικότερες εξελίξεις στον τομέα της ναυτιλίας. Πολλά κρίσιμα συστήματα του μη επανδρωμένου πλοίου θα βασίζονται στο παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης (Global Navigation Satellite System-GNSS) για την ασφαλή πλοήγηση, την επικοινωνία, την αντιμετώπιση έκτακτης ανάγκης και τον έλεγχο της κυκλοφορίας στη θάλασσα. Ωστόσο,

ενδεχόμενες διαταραχές ή χειραγώγηση στα σήματα του συστήματος GPS (Global Positioning System) μπορούν να βγάλουν τα πλοία από την πορεία τους προκαλώντας συγκρούσεις, προσαράξεις και περιβαλλοντικές καταστροφές.

Το GPS αποτελεί τη βασική συσκευή για τα συμβατικά αλλά και τα αυτόνομα πλοία, δεδομένου ότι δίνει χρονισμό και στοιχεία αναφοράς σε σειρά συστημάτων όπως είναι οι ηλεκτρονικοί χάρτες, το ραντάρ, η γυροπυξίδα κλπ. Μια παρεμβολή στο σύστημα αυτό, είναι σίγουρο ότι θα δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα στη λειτουργία του πλοίου και θα κάνει δύσκολη τη πλοήγησή του, ειδικά σε περιοχές με υψηλή ναυτιλιακή κυκλοφορία.

Το 2017, προέκυψε από έρευνες ότι περισσότερα από είκοσι συμβατικά εμπορικά πλοία παρατήρησαν ψευδή σήματα GPS που τα έβγαλαν περίπου 25 ναυτικά μίλια εκτός πορείας. Επιπρόσθετα, τον Ιούλιο του 2013 μια ερευνητική ομάδα από το πανεπιστήμιο του Texas απέκτησε απομακρυσμένο έλεγχο του συστήματος πλοήγησης ενός yacht αξίας ογδόντα εκατ. δολαρίων το οποίο βρισκόταν στην Μεσόγειο, χρησιμοποιώντας μια συσκευή αξίας μόλις 3.000 δολαρίων. Η επίθεση έγινε με την εκπομπή ράδιο-σημάτων που το πλοίο έλαβε μέσω της κεραίας GPS. (Bothur et al., 2017) Είναι λοιπόν πολύ ανησυχητικό, ότι τέτοιου είδους επιθέσεις ενδέχεται να επηρεάσουν στο άμεσο μέλλον, πλοία τα οποία θα είναι μη επανδρωμένα.

4.3.2.2 Εισαγωγή ψευδών στοιχείων στο AIS

Το σύστημα αυτόματης αναγνώρισης (Automatic Identification System-AIS) αποτελεί το βασικό σύστημα εντοπισμού των πλοίων και της έγκαιρης ειδοποίησης της ξηράς για επιχειρήσεις έρευνας, διάσωσης και πρόγνωσης καιρού. Το σύστημα στέλνει σε τακτά χρονικά διαστήματα μια σειρά πληροφοριών στην ξηρά και σε άλλα πλοία. Η αξιοποίηση των μεταδιδόμενων πληροφοριών είναι τεράστιας σημασίας για την επίγνωση της κατάστασης και την αποφυγή συγκρούσεων στη θάλασσα.

Το βασικό μειονέκτημα του AIS είναι ότι δεν έχει ενσωματωμένο σύστημα ασφάλειας, και οι αναμεταδότες επικοινωνούν χωρίς έλεγχο ταυτότητας. Κάποιος ο οποίος θα επιθυμούσε να εκμεταλλευτεί κακόβολα την αδυναμία του συστήματος, θα μπορούσε να εισάγει σήματα μέσω ενός λογισμικού που έχει οριστεί ως αναμεταδότης (SDR) και να τοποθετήσει ψευδή στοιχεία. Η εμπιστοσύνη στις δυνητικά εσφαλμένες πληροφορίες θα μπορούσε να οδηγήσει σε λανθασμένες αποφάσεις και καταστροφικά αποτελέσματα.

Τον Οκτώβριο του 2013, η εταιρεία Trend Micro έκανε επίδειξη πώς ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να παρεμβληθεί με μια συσκευή που κόστισε μόλις 200 δολάρια. Πιο συγκεκριμένα,

μέσω της συσκευής αυτής, μπορούσε να επιτευχθεί, τροποποίηση της θέσης, του φορτίου, της ταχύτητας, του ονόματος του πλοίου, η δημιουργία ενός ανυπάρκτου «πλοίου φαντάσματος», η αποστολή ψευδών μετεωρολογικών δεδομένων, η προειδοποίηση για πιθανό ναυτικό ατύχημα κ.α. (Bothur et al., 2017)

Τα δεδομένα AIS είναι διαθέσιμα στο κοινό μέσω ιστοτόπων όπως "Vesselfinder" και "Marinetraffic". Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) έχει καταδικάσει τη δημοσίευση τέτοιων στοιχείων στον παγκόσμιο ιστό καθώς αποκαλύπτει πληθώρα πληροφοριών σχετικά με τα πλοία και τη διαδρομή τους και μπορεί να αποτελέσει πηγή πληροφοριών για στοχευμένη επίθεση. Σε παγκόσμιο επίπεδο, γίνεται προσπάθεια θωράκισης του συστήματος ώστε να αποφευχθούν τέτοιου είδους επιθέσεις οι οποίες είναι και από τις πλέον συνηθισμένες.

4.3.2.3 Τροποποίηση δεδομένων ηλεκτρονικών χαρτών ECDIS

Σε ένα συμβατικό πλοίο, τα Ηλεκτρονικά Συστήματα Απεικόνισης Χαρτών και Πληροφοριών (Electronic Chart Display and Information System-ECDIS) βρίσκονται στη γέφυρα του πλοίου και χρησιμοποιούνται για την πλοήγηση του, παράλληλα με τους παραδοσιακούς ναυτικούς χάρτες. Σε ένα μη επανδρωμένο πλοίο, τα ECDIS θα χρησιμοποιούνται για τον ίδιο λόγο, δίνοντας όμως παράλληλα, πληροφορίες σε σειρά υποσυστημάτων του πλοίου, όπως το Ραντάρ, το Navtex, το ICS και τα δορυφορικά τερματικά. Οι ενημερώσεις των ναυτιλιακών χαρτών γίνεται συνήθως είτε μέσω διαδικτύου είτε από το πλήρωμα με φορητά μέσα αποθήκευσης. Από τη στιγμή που κάποιος αποκτήσει κακόβουλη πρόσβαση στο σύστημα, είναι προφανές ότι υπάρχει δυνατότητα να επηρεάσει όλη την ομάδα συσκευών που διασυνδέονται με τους ηλεκτρονικούς χάρτες. Στα μη επανδρωμένα πλοία τα οποία θα στηρίζονται αποκλειστικά στους ηλεκτρονικούς χάρτες, το συγκεκριμένο γεγονός θα ήταν καταστροφικό. (Bothur et al., 2017)

4.3.2.4 Παρεμβολές στα τερματικά VSAT

Τα τερματικά (VSAT) είναι σταθμοί επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται ανάμεσα στο πλοίο και στην ναυτιλιακή εταιρεία στην ξηρά για την αποστολή και τη λήψη δεδομένων μέσω ενός δορυφορικού δικτύου. Τα VSAT εκτελούν μια σειρά υπηρεσιών επικοινωνίας και ασφάλειας συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης του φορτίου, της δρομολόγησης των πλοίων,

της πρόγνωσης του καιρού και στα μη επανδρωμένα πλοία ενδέχεται να χρησιμοποιούνται και για την διαδικασία της πρόσδεσης στο λιμάνι. (AAWA, 2016)

Το Santamarta το 2014, εξέτασε μια σειρά VSAT από πολλούς κατασκευαστές και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι όλες οι ελεγχόμενες συσκευές είναι ευάλωτες. Μεταδίδουν σε απλό κείμενο χωρίς έλεγχο ταυτότητας και κρυπτογράφηση. Αυτό μπορεί να επιτρέψει σε κάποιο κακόβουλο λογισμικό να προκαλέσει διακοπή ή καταστροφή του συστήματος και συνεπώς ανικανότητα του κέντρου ελέγχου να στείλει και να λάβει δεδομένα από το πλοίο.

4.3.3 Πολιτικές και διαδικασίες ασφαλείας

Η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, δεν είναι ένα σχέδιο που κάθε ναυτιλιακή εταιρεία μπορεί να εφαρμόσει με τον ίδιο τρόπο. Η διασφάλιση των συστημάτων πληροφορικής της, πρέπει να δημιουργεί μια συνολική κάλυψη και να ενισχύει την ανθεκτικότητα της στις εξωτερικές και τις εσωτερικές απειλές. Αυτή η πολυεπίπεδη προσέγγιση, περιλαμβάνει διαδικαστικά και τεχνικά αντίμετρα σε κάθε επίπεδο.

Αρχικά, η διασφάλιση ενός αυτόνομου πλοίου σε βάθος προϋποθέτει τον εντοπισμό όλων των κινδύνων από και προς το πλοίο, που πηγάζουν από τα συστήματά του και τους ανθρώπους του. Είναι σημαντικό να εντοπιστούν τα συστήματα που είναι κρίσιμα για την ασφαλή λειτουργία του πλοίου και να εξασφαλισθεί η δυνατότητα λειτουργίας τους, ακόμα και εάν συμβεί κάποια αποτυχία.

Ταυτόχρονα, τα συστήματα πληροφορικής της ναυτιλιακής εταιρείας και μελλοντικά του κέντρου ελέγχου, θα πρέπει να εξετάζονται διεξοδικά, δεδομένου ότι είναι ευάλωτα σε εξωτερικές απειλές. Πιο συγκεκριμένα, τα δίκτυα κρίσιμων ελέγχων θα πρέπει να βρίσκονται σε ασφαλή ζώνη, απομονωμένα από το εταιρικό δίκτυο πληροφορικής και το Διαδίκτυο. Η IACS έχει εντοπίσει, ότι τα περισσότερα προβλήματα που σχετίζονται με διασυνδεδεμένα συστήματα είναι πιθανό να οφείλονται σε ανεπιθύμητες ενημερώσεις λογισμικού ή αναβαθμίσεις του συστήματος και απρόσεκτες συνήθειες των εργαζομένων, και όχι στην άμεση κακόβουλη επίθεση. (Hogg and Ghosh, 2016)

Επίσης, οι χειριστές και οι μηχανικοί στο κέντρο ελέγχου της ξηράς δεν θα πρέπει να παρακάμπτουν τις διαδικασίες ασφαλείας με σκοπό την εύκολη πρόσβαση για την παρακολούθηση και την αντιμετώπιση των προβλημάτων του αυτόνομου πλοίου. Συνεπώς θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην εκπαίδευση τους και τη συναφή οργανωτική νοοτροπία του συνόλου του σχετικού προσωπικού.

Πολλές επιχειρήσεις σήμερα, στερούνται συνεκτικής προσέγγισης όσον αφορά τη διαχείριση της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο. Τα περισσότερα από τα υπάρχοντα συστήματά τους, σχεδιάστηκαν και προγραμματίστηκαν χωρίς να έχει σημασία η ασφάλεια και τα δεδομένα μεταφέρονται σε απλό κείμενο. Το λογισμικό το οποίο είναι ζωτικής σημασίας για την επιχείρηση, ενδέχεται να μην ενημερώνεται ή να μην αντικαθίσταται επειδή είναι συμβατό μόνο με συστήματα ή πρωτόκολλα παλαιού τύπου. Μια σειρά συσκευών και πρωτοκόλλων από διαφορετικούς προμηθευτές και τεχνολογικές εποχές συχνά καλούνται να λειτουργήσουν συνδυαστικά.

Η παραγωγή και η συντήρηση του λογισμικού θα πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις του αναγνωρισμένου εθνικού ή διεθνές προτύπου, όπως το πρότυπο IEC 61508. Αυτό γίνεται όλο και πιο σημαντικό όταν υπάρχει υψηλό επίπεδο ολοκλήρωσης λογισμικού και όταν υπάρχει σημαντική εξάρτηση από το σωστό λειτουργικό λογισμικό, όπως συμβαίνει με τα μη επανδρωμένα πλοία. (Lloyds' Registry, 2016)

Τέλος, ο σχεδιασμός και η διαμόρφωση των δικτύων πληροφορικής θα πρέπει να χρησιμοποιεί ελέγχους ταυτότητας και κρυπτογράφησης καθώς τα συστήματα στα αυτόνομα πλοία που θα συνδέονται με τις εγκαταστάσεις στη ξηρά θα αυξήσουν ακόμη περισσότερο την έκθεση σε εξωτερικές απειλές.

4.3.4 Συμπεράσματα

Στην αυγή της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης, ο ναυτιλιακός κλάδος αξιοποιεί τις τεχνολογίες του κυβερνοχώρου για να μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητα των επιχειρήσεων και την ασφάλεια των πλοίων. Παρόλα αυτά, οι πλατφόρμες, οι δορυφόροι και οι χερσαίες εγκαταστάσεις, διασυνδέονται όλο και περισσότερο, εκθέτοντάς τον σε μια πληθώρα συστημικών και τεχνολογικών απειλών. Το υψηλό επίπεδο πολυπλοκότητας και οι κοινόχρηστοι πόροι δημιουργούν μια ευρεία επιφάνεια επίθεσης.

Η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο πρέπει να βρίσκεται στο βασικό μέρος του σχεδιασμού των μη επανδρωμένων πλοίων. Στα μη επανδρωμένα πλοία θα υπάρχουν πολλά περισσότερα συστήματα τα οποία θα συνδέονται με το διαδίκτυο, σε αντίθεση με τα συμβατικά πλοία. Έτσι, όταν ο αριθμός των συστημάτων αυτών στα πλοία θα αυξηθεί, γνωρίζουμε ότι το ποσό των επιθέσεων στον κυβερνοχώρο θα αυξηθεί επίσης. Η ευαισθητοποίηση των ναυτιλιακών εταιρειών σχετικά με την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο αποτελεί καινούργιο ζήτημα στην ατζέντα της ναυτιλιακής κοινότητας και πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη για να αποφευχθούν μελλοντικές καταστροφικές συνέπειες.

4.4 Προκλήσεις που αφορούν τον ανθρώπινο παράγοντα

4.4.1 Εισαγωγή

Τα πρωτότυπα των μη επανδρωμένων εμπορικών πλοίων, αναμένεται να τεθούν σε λειτουργία μέσα στα επόμενα χρόνια. Η κύρια επιχειρηματολογία που υποστηρίζει την εισαγωγή τους, αφορά την αύξηση της ασφάλειας στην ναυσιπλοΐα. Η εν λόγω αύξηση της ασφάλειας, αναμένεται να επιτευχθεί με τη μείωση της συχνότητας των ατυχημάτων που σχετίζονται με τον άνθρωπο, κυρίως μέσω της αφαίρεσης των πληρωμάτων. Ωστόσο στην πραγματικότητα, το πλήρωμα δεν θα καταργηθεί, αλλά θα μεταφερθεί στο κέντρο ελέγχου της ξηράς, απ' όπου θα πραγματοποιείται ο απομακρυσμένος έλεγχος και η διοίκηση του αυτόνομου πλοίου.

"Το μεγάλο όφελος της ύπαρξης ενός συστήματος χωρίς οδηγούς είναι η ασφάλεια. Το στοιχείο του ανθρώπινου λάθους απορροφάται εντελώς", δήλωσε ο Piero Marotta σε συνέντευξη του, το 2009. (Porathe et al., 2014) Παρόλα αυτά, η βελτίωση της ασφάλειας των θαλάσσιων μεταφορών συνολικά, δεν είναι ένα τόσο απλό ζήτημα. Πρακτικά, ο άνθρωπος θα συνεχίσει να ασχολείται με την κατασκευή, την παρακολούθηση, τον έλεγχο και τη συντήρηση των συστημάτων ενός μη επανδρωμένου πλοίου.

Όλοι γνωρίζουμε από την εμπειρία μας ότι οι άνθρωποι κάνουν λάθη. Τα λάθη αυτά, πολύ συχνά μπορεί να προκαλέσουν ατυχήματα. Σε μια σύνθετη κοινωνία όπως η σημερινή, οι άνθρωποι χρειάζονται βοήθεια για να αντιμετωπίσουν ενδεχόμενα λάθη. Αυτός είναι και ο λόγος, για τον οποίο η κοινωνία εργάζεται συνεχώς σε αυτόματα τεχνικά συστήματα που υποστηρίζουν την ανθρώπινη λήψη αποφάσεων.

Πράγματι, όσο αφορά τον κλάδο των θαλάσσιων μεταφορών, τα ποσοστά των ατυχημάτων συνεχώς βελτιώνονται χάρη στη συνεχή βελτίωση των τεχνολογικών μέσων. Η αυτόνομη τεχνολογία πλοίων, έχει γίνει θέμα συζήτησης για ακόμα πιο αποτελεσματικές και ασφαλείς θαλάσσιες μεταφορές. Πρόσφατες έρευνες υπογραμμίζουν ότι, εάν μεταφερθεί η διαδικασία της λήψης αποφάσεων που εκτελεί το πλήρωμα, όπου το άγχος και η κόπωση διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο, σε λιγότερο αγχωτικές εργασίες προγραμματισμού και συντήρησης, μπορεί να επιτευχθεί κάποιο όφελος από την ασφάλεια. (Porathe et al., 2014)

4.4.2 Η επιρροή του ανθρώπινου παράγοντα στο αυτόνομο πλοίο

Όπως έγινε κατανοητό από την ανάλυση του τρόπου λειτουργίας των αυτόνομων πλοίων, ο ανθρώπινος παράγοντας θα εξακολουθήσει να είναι παρών. Η ύπαρξή του, θα μετατοπιστεί κυρίως πριν από την στιγμή της χρήσης του πλοίου, σε μια προηγούμενη φάση, κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, της κατασκευής και των δοκιμών του. Ωστόσο, αυτό μπορεί να δημιουργήσει ταυτόχρονα νέους κινδύνους που δεν έχουν ακόμη αναγνωριστεί. Είναι αμφίβολο εάν ο σχεδιαστής του αυτόνομου πλοίου θα μπορέσει να προβλέψει εξ αρχής όλες τις διαφορετικές επιχειρησιακές καταστάσεις και να κάνει το πλοίο να ενεργεί πάντα με ασφαλή τρόπο.

Αρχικά, το λογισμικό των πληροφοριακών συστημάτων του αυτόνομου πλοίου, δηλαδή η τελική συμπεριφορά του συστήματος σε διαφορετικές λειτουργικές καταστάσεις, θα σχεδιαστεί από έναν άνθρωπο. Στην περίπτωση ενός αυτόνομου πλοίου, το μέγεθος του συνολικού λογισμικού και η δομή του είναι περίπλοκα. Διαιρείται σε υποσυστήματα και μικρότερες οντότητες, μέσα σε ένα μεγάλο αριθμό διαφορετικών συσκευών που επικοινωνούν μεταξύ τους. Ενδεχομένως η ύπαρξη ενός ή περισσότερων μικρών ανθρώπινων σφαλμάτων στο λογισμικό να προκαλέσουν λανθασμένη λειτουργία του ευρύτερου συστήματος. (Ahvenjarvi, 2016)

Υπάρχουν απλά ανθρώπινα λάθη που μπορούν να συμβούν κατά τη διάρκεια των εργασιών ανάπτυξης του λογισμικού, όπως τα τυπογραφικά λάθη και η κοινή ανθρώπινη απροσεξία στη διάρκεια της κωδικοποίησης, η οποία θα μπορούσε να προκαλέσει σφάλματα με μεγάλη ποικιλία συμπτωμάτων. Στην διαδικασία ανάπτυξης του λογισμικού του αυτόνομου πλοίου, είναι εξαιρετικά σημαντικό να εξασφαλιστεί ότι οι αλγόριθμοι και οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων θα καθοριστούν προσεκτικά, σωστά κωδικοποιημένα και διεξοδικά δοκιμασμένα, όχι μόνο για τις φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας του πλοίου, αλλά και για τις εξαιρετικές περιστάσεις. Το θετικό με τα σφάλματα λογισμικού είναι ότι δεν πολλαπλασιάζονται κατά τη διάρκεια ζωής του συστήματος. Αντ' αυτού, με τη δοκιμή και τη χρήση του, τα σφάλματα θα αποκαλυφθούν και το λογισμικό θα μπορεί να διορθωθεί και να ενημερωθεί.

Η ευθύνη όμως για ένα ατύχημα που οφείλεται σε σφάλμα του λογισμικού, δεν μπορεί να αποδοθεί στο σύστημα του υπολογιστή. Συνεπώς, ο άνθρωπος θα εξακολουθήσει να υπάρχει, ακόμη και όταν έχει γίνει κάθε δυνατή προσπάθεια δοκιμής και διόρθωσης του λογισμικού πριν από την κυκλοφορία του αυτόνομου πλοίου στην αγορά. Ως εκ τούτου, η

διαδικασία της ανάπτυξης και των δοκιμών του λογισμικού για το αυτόνομο πλοίο είναι εξαιρετικά κρίσιμη.

Παράλληλα, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το αυτόνομο πλοίο σε ορισμένες καταστάσεις θα είναι τηλεχειριζόμενο από τους χειριστές του κέντρου ελέγχου. Επομένως, σε αυτόν τον τρόπο λειτουργίας, ο ανθρώπινος παράγοντας θα είναι παρών με τον ίδιο τρόπο που είναι και στην γέφυρα ενός επανδρωμένου πλοίου. Η συνειδητοποίηση της κατάστασης θα είναι απαραίτητη για τον ασφαλή και αποτελεσματικό έλεγχο του πλοίου και ως εκ τούτου, η ποιότητα των πληροφοριών που θα παρουσιάζονται στον χειριστή του πλοίου στο κέντρο ελέγχου θα είναι ζωτικής σημασίας. (Ahvenjarvi, 2016)

Ο χειριστής, πρέπει να έχει συνεχή ροή πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση του ίδιου του πλοίου αλλά και την κυκλοφοριακή κατάσταση γύρω από αυτό. Εάν ο χειριστής στο κέντρο ελέγχου της ξηράς λαμβάνει ακριβώς τις ίδιες πληροφορίες που θα ήταν διαθέσιμες στον πλοίαρχο στη γέφυρα ενός συμβατικού πλοίου, δεν υπάρχει ουσιαστικά καμία διαφορά μεταξύ του απομακρυσμένου ελέγχου και του ελέγχου που πραγματοποιείται επί του παρόντος στα επανδρωμένα πλοία. Για παράδειγμα, οι καιρικές συνθήκες δεν θα πρέπει να επηρεάζουν το αυτόνομο σύστημα των αισθητήρων του πλοίου.

Επιπρόσθετα, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το αυτόνομο πλοίο θα αλληλοεπιδρά με άλλα πλοία, επανδρωμένα και μη που θα συνεχίσουν να τα χειρίζονται άνθρωποι. Αυτή η αλληλεπίδραση θα δημιουργεί προβλήματα στο συνολικό σύστημα που θα μπορούσαν επίσης να οδηγήσουν σε ατυχήματα. Για παράδειγμα, οι προκλήσεις της επικοινωνίας λόγω περιορισμένης γνώσης των τοπικών συνθήκων που δεν είναι γνωστές από τον χειριστή του κέντρου ελέγχου και τα γλωσσικά ζητήματα, θα παραμείνουν τα ίδια. (Ahvenjarvi, 2016)

Ταυτόχρονα, η περιορισμένη συνειδητοποίηση της κατάστασης λόγω της μειωμένης αίσθησης του πλοίου μπορεί να δημιουργήσει νέα προβλήματα. Το σύστημα διεύθυνσης του πλοίου δεν θα μπορεί εύκολα να ρυθμιστεί ώστε να ακολουθήσει την κατεύθυνση των επερχόμενων κυμάτων. Σε δύσκολες καιρικές συνθήκες, η απουσία πραγματικής επαφής των μελλοντικών ναυτικών με το πλοίο, εκτός από την δυσκολία στην συνειδητοποίηση της κατάστασης, είναι πιθανό να δημιουργήσει έλλειψη και υποβάθμιση των δεξιοτήτων που απαιτούνται για τον χειρισμό ενός πλοίου. Το άγχος και η υπερφόρτωση πληροφοριών, λόγω της πληθώρας των υπό έλεγχο πλοίων, των αισθητήρων τους καθώς και η συνεχής εναλλαγή στην παρακολούθηση μεταξύ δύο πλοίων είναι επίσης πολύ πιθανό να επιδεινώσουν μια κατάσταση.

Τέλος, η ανία των χειριστών θα πρέπει να συνεκτιμηθεί στις προκλήσεις που σχετίζονται με τους ανθρώπινους παράγοντες. Σύμφωνα με έρευνα, το 92% των χειριστών αυτόνομων

αεροσκαφών, έχουν δηλώσει ότι αισθάνονται μέτρια έως και πλήρη πλήξη κατά την διάρκεια της παρακολούθησης και του ελέγχου των αυτόνομων συστημάτων. (Wahlstrom et al., 2016) Η ανία αυτή ενδέχεται να προκαλέσει καθυστερήσεις στη λήψη αποφάσεων και τον χειρισμό εκτάκτων καταστάσεων των αυτόνομων πλοίων εξαιτίας του μεγάλου χρόνου που χρειάζεται ο χειριστής να εισέλθει στον βρόχο (σύνδρομο ανθρώπου εκτός βρόγχου).

4.4.3 Συμπεράσματα

Είναι προφανές, ότι το ανθρώπινο στοιχείο θα συνεχίσει να κατέχει τον κυριότερο ρόλο σε ένα αυτόνομο πλοίο, ακόμα κι αν αυτό μελλοντικά θα είναι μη επανδρωμένο. (Porathe et al., 2014) Σε αντίθεση με την πρόβλεψη ότι τα μη επανδρωμένα πλοία θα είναι ασφαλέστερα χάρη στην απουσία των ανθρώπινων παραγόντων, ο κίνδυνος του ανθρώπινου λάθους θα μεταφερθεί στο κέντρο ελέγχου της ξηράς, καθώς η παρακολούθηση του πλοίου από τον εκάστοτε χειριστή θα εξαρτάται εξ ολοκλήρου από την ερμηνεία των μεταδιδόμενων δεδομένων και δεν θα αφαιρέσει ολοκληρωτικά τον κίνδυνο του ανθρώπινου σφάλματος. Αν και ορισμένοι τύποι σφάλματων θα εξαλειφθούν, είναι πολύ πιθανό ο αυτοματισμός στα πλοία να δημιουργήσει νέες ανθρώπινες αδυναμίες και να διογκώσει τις υπάρχουσες, εάν το τελικό σύστημα δεν σχεδιαστεί σωστά.

Η θετική πλευρά του ανθρώπινου στοιχείου είναι η δημιουργικότητα και η ικανότητα προσαρμογής σε απρόβλεπτες και δύσκολες καταστάσεις. Αυτή η δύναμη, μερικές φορές μπορεί να μετατραπεί σε έλλειψη παρόμοιας ικανότητας προσαρμογής σε απρόβλεπτες καταστάσεις και να γίνει ένα δυνητικά αδύναμο σημείο του αυτόνομου πλοίου. Πρέπει λοιπόν, να υπάρχει μεγάλη ανθεκτικότητα στο σύστημα ελέγχου του αυτόνομου πλοίου για να το καταστήσει ασφαλής εναλλακτική λύση για τις θαλάσσιες μεταφορές στο μέλλον.

Ο στόχος του έργου MUNIN δεν ήταν μόνο να αποδείξει την τεχνική σκοπιμότητα των μη επανδρωμένων πλοίων, αλλά και να δείξει ότι ένα μη επανδρωμένο σύστημα είναι τουλάχιστον εξίσου ασφαλές με ένα επανδρωμένο. Η αναφορά του έργου στο γεγονός ότι, ένα αυτόνομο σύστημα θα αφαιρέσει το ανθρώπινο λάθος ως αιτία ατυχημάτων, παρερμηνεύει σε μεγάλο βαθμό την πολυπλοκότητα και την ανθρώπινη συμμετοχή στα αυτόνομα συστήματα. Οι τεχνικές αναλύσεις πιθανότατα θα παίξουν σημαντικό ρόλο στην αρχή, όπως συμβαίνει με τα περισσότερα νέα συστήματα, αλλά αναμένεται να ξεπεραστούν καθώς αποκτάται εμπειρία. Παρόλα αυτά το ανθρώπινο λάθος θα συνεχίσει να είναι η μεγαλύτερη πρόκληση.

4.5 Προκλήσεις που αφορούν την κατασκευή του Κέντρου Ελέγχου Ξηράς

4.5.1 Εισαγωγή

Η έλευση του αυτόνομου πλοίου, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, δεν εγγυάται την επίλυση όλων των κινδύνων που οφείλονται στο ανθρώπινο λάθος. Αντίθετα, δημιουργεί περισσότερα ερωτήματα σχετικά με αυτό. Για παράδειγμα, πώς οι χειριστές στο κέντρο ελέγχου της ξηράς θα αντιλαμβάνονται τις κινήσεις του πλοίου εφόσον δεν θα υπάρχει φυσική σύνδεση μεταξύ των δύο;

Ο αυτοματισμός, εισάγεται συχνά ως μέτρο αντιμετώπισης για τη μείωση του ανθρώπινου σφάλματος και του φόρτου εργασίας των ανθρώπων, αλλά δεν μπορεί εύκολα να αντικαταστήσει την ανθρώπινη εργασία αυτή καθ΄ αυτή. Οι ναυτικοί συνεχώς αλληλοεπιδρούν με το πλοίο και το περιβάλλον του ενώ έχουν τη δυνατότητα να διακρίνουν την προτεραιότητα των πληροφοριών και να δρουν διαισθητικά. Ωστόσο, η ικανότητα αυτή ενδέχεται να γίνει αδυναμία όταν οι άνθρωποι θα βρίσκονται μακριά από το πλοίο σε ένα κέντρο ελέγχου στην ξηρά, όπου δεν θα υπάρχει η φυσική σύνδεση μεταξύ του ανθρώπου και του πλοίου και η άμεση αντίληψη των πληροφοριών από το περιβάλλον του. (Porathe, 2014)

Ως εκ τούτου, η πιθανότητα ατυχήματος μπορεί εύκολα να μεγεθύνεται από την έλλειψη κατανόησης της κατάστασης, την αδυναμία του χειριστή να αξιολογήσει σωστά τα δεδομένα που του παρέχονται ταυτόχρονα από πολλούς αισθητήρες, την ανεπαρκή αντίληψη των πραγματικών υδρομετεωρολογικών συνθηκών και την επιρροή τους στη συμπεριφορά του πλοίου.

Συνεπώς, μία μεγάλη πρόκληση για το εγχείρημα της κατασκευής ενός αυτόνομου πλοίου, θα είναι να καθοριστούν με ακρίβεια οι πληροφορίες που απαιτούνται στο κέντρο ελέγχου της ξηράς, και το πώς αυτές θα απεικονιστούν ώστε να δίνεται στους χειριστές μια ολοκληρωμένη εικόνα της κατάστασης στην οποία βρίσκεται το πλοίο κάθε στιγμή. (Burmeister et al., 2014)

4.5.2 Περιγραφή της λειτουργίας του Κέντρου Ελέγχου Ξηράς

Το κέντρο ελέγχου της ξηράς, είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα υπάρχει για όλα τα αυτόνομα πλοία. Θα χρησιμοποιηθεί ως εφεδρικό μέσο, αφενός για να μειωθεί η απαιτούμενη πολυπλοκότητα των συστημάτων ανίχνευσης και ελέγχου επί του πλοίου, αφετέρου για να

ικανοποιήσει τις νομικές απαιτήσεις που προκύπτουν από οποιοδήποτε ατύχημα στο οποίο εμπλέκεται το πλοίο. Οι κανονισμοί 'επάνδρωσης' που θα πρέπει να πληροί ένα κέντρο ελέγχου στην ξηρά θα συμφωνηθούν από τις αρμόδιες αρχές σε μεταγενέστερο χρόνο, όταν θα θεσπιστεί ένα νομικό πλαίσιο σχετικά με τα μη επανδρωμένα πλοία. Προς το παρών, ορισμένοι απαραίτητοι ρόλοι, θα είναι πιθανότατα τουλάχιστον οι εξής (Burmeister et al., 2014):

- Ο χειριστής του κέντρου ελέγχου, που θα παρακολουθεί τη λειτουργία των αυτόνομων πλοίων και θα τα ελέγχει, ενημερώνοντας το σχέδιο ταξιδιού ή την κατάσταση λειτουργίας του αυτόνομου συστήματος.
- Ο μηχανικός του κέντρου ελέγχου, ο οποίος θα βοηθά τον χειριστή σε περίπτωση τεχνικών ερωτήσεων και ο οποίος θα είναι υπεύθυνος για το σχέδιο συντήρησης των πλοίων με βάση την κατάσταση του συστήματος συντήρησης εξασφαλίζοντας επαρκή αξιοπιστία του τεχνικού συστήματος για το επόμενο αυτόνομο ταξίδι.
- Η ομάδα χειρισμού καταστάσεων του κέντρου ελέγχου, που μπορεί να αναλάβει τον άμεσο απομακρυσμένο έλεγχο ενός αυτόνομου πλοίου. Ο έλεγχος θα πραγματοποιείται μέσω ενός προσομοιωτή της γέφυρας που θα υπάρχει στο κέντρο ελέγχου, συμπεριλαμβανομένου ενός συστήματος υποστήριξης απομακρυσμένων ελιγμών, που εξασφαλίζει την κατάλληλη κατάσταση ευαισθητοποίησης παρά τη φυσική απόσταση του πληρώματος και του πλοίου.

Παράλληλα, γίνεται λόγος για την ύπαρξη ενός συντονιστή στο κέντρο ελέγχου, ο οποίος πιθανότατα θα κατέχει τον τίτλο του καπετάνιου και θα έχει ως αρμοδιότητα τον συντονισμό των παραπάνω ρόλων και διαδικασιών.

Σύμφωνα με το έργο MUNIN, κάθε χειριστής του κέντρου ελέγχου, υπολογίζεται ότι θα παρακολουθεί έξι μη επανδρωμένα πλοία. (Man et al, 2015) Ωστόσο, ο ακριβής αριθμός των πλοίων που θα παρακολουθούνται από κάθε χειριστή, είναι ένα από τα σημεία που δεν μπορούν να καθοριστούν εκ των προτέρων, αφού πολλοί παράγοντες εξαρτώνται από τις διεπαφές που θα έχουν οι χειριστές με τα συστήματα. (Porathe, 2014) Οι χειριστές θα ενημερώνονται συνεχώς για κάποια υπέρβαση των ορίων, όπως για παράδειγμα, εάν το πλοίο εγκαταλείψει το προκαθορισμένο μονοπάτι και το χρονοδιάγραμμά του ή εάν τα συστήματα των αισθητήρων του πλοίου εντοπίσουν ένα αντικείμενο που δεν μπορεί να αναγνωριστεί.

Ο απομακρυσμένος έλεγχος των αυτόνομων πλοίων θα εξαρτάται από μεγάλους όγκους κρίσιμων δεδομένων που θα διαβιβάζονται από πολλαπλές πηγές του πλοίου, στο κέντρο ελέγχου, καθιστώντας την επικοινωνία ένα από τα υψηλότερα λειτουργικά έξοδα. (Burmeister et al, 2014) Εκτιμάται ότι το κόστος μπορεί να φτάσει έως και 150.000 δολάρια το μήνα με τις σημερινές τιμές, εάν εφαρμοστεί σε πραγματικό χρόνο η επικοινωνία όλων των παραμέτρων.

(Porathe et al., 2014) Για τον λόγο αυτό, στα πρώτα στάδια εφαρμογής των μη επανδρωμένων πλοίων, οι πληροφορίες που θα αποστέλλονται θα είναι οι πλήρως απαραίτητες.

Οι ενημερώσεις κατάστασης από το πλοίο στην ξηρά, που αφορούν το ραντάρ, τον κινητήρα, το πηδάλιο, την ταχύτητα, τα ηχητικά δεδομένα, απαιτούν συνδέσεις σχετικά χαμηλών ταχυτήτων. Ωστόσο, όταν το κέντρο ελέγχου θα πρέπει να αναλάβει τον άμεσο τηλεχειρισμό του πλοίου ή να έχει πρόσβαση σε βίντεο και εικόνες υψηλής ευκρίνειας, απαιτείται σύνδεση υψηλού εύρους ζώνης και υψηλής ποιότητας.

Οι συνδέσεις αυτές τις μέρες, δεν έχουν αναπτυχθεί σε συνδέσεις υψηλής ταχύτητας σε όλες τις περιοχές π.χ. περιοχές ανοιχτής θάλασσας. Σε παράκτιες περιοχές, ταχύτερες συνδέσεις είναι συνήθως διαθέσιμες και το πλοίο θα μπορεί να χρησιμοποιεί 4G ή κάποιο άλλο δίκτυο, ώστε ο χειριστής να λαμβάνει πλήθος πληροφοριών από τους αισθητήρες, π.χ. HD-βίντεο. Σε ανοιχτές θάλασσες, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη άλλες εναλλακτικές λύσεις, όπως οι δορυφορικές ή VHF συνδέσεις, καθώς η δυνατότητα μεταφοράς των δεδομένων περιορίζεται. Επίσης, η διαθεσιμότητα εύρους ζώνης μπορεί να είναι ένα πρόβλημα στις κυριότερες θαλάσσιες διαδρομές, αν πολλά γειτονικά πλοία απαιτούν ταυτόχρονα ροή HD-βίντεο. (Hogg and Ghosh, 2016)

Ένα υπάρχον δορυφορικό σύστημα για τα μη επανδρωμένα πλοία είναι το σύστημα Inmarsat Global Xpress. Το σύστημα έχει υψηλή κάλυψη και υψηλό εύρος ζώνης, καθώς χρησιμοποιεί όλες τις ζώνες KA, S και X και μπορεί να αλλάζει μεταξύ αυτών των ζωνών χωρίς να αναλάβει δράση ο χειριστής. (AAWA, 2016) Στο μέλλον, λόγω της αυξημένης ζήτησης των πελατών για τέτοιου είδους υπηρεσίες, οι δορυφορικές συνδέσεις θα γίνουν πολύ γρηγορότερες και οικονομικότερες και τα προβλήματα με το εύρος ζώνης θα είναι παρελθόν, έχοντας ως αποτέλεσμα ο χειριστής του κέντρου ελέγχου να μπορεί να λαμβάνει δεδομένα σε υψηλές ταχύτητες, από οπουδήποτε.

Καθώς δημιουργούνται μεγαλύτερες απαιτήσεις εύρους ζώνης και σύνδεσης, επιβάλλεται να υπάρχουν πολλαπλά αντίγραφα έκτακτης ανάγκης σε τέτοιες καταστάσεις. Το έργο MUNIN, με την βοήθεια της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής έχει αναπτύξει πρότυπα για τα δίκτυα και τις διασυνδέσεις πλοίων προς την ξηρά για τα μελλοντικά αυτόνομα πλοία. Το πρότυπο IEC 61162-460 καθορίζει τον τρόπο κατασκευής ενός εξαιρετικά ανθεκτικού δικτύου δεδομένων γέφυρας με ασφαλείς συνδέσεις με εξωτερικά δίκτυα. (Hogg and Ghosh, 2016) Παρά το γεγονός ότι το συγκεκριμένο πρότυπο δεν έχει ακόμη εφαρμοστεί, θα είναι το διεθνές πρότυπο για τα ολοκληρωμένα συστήματα επικοινωνιών με πολλαπλά κανάλια, συμπεριλαμβανομένων των πρωτοκόλλων για τη δρομολόγηση επικοινωνίας πλοίου προς ακτή.

4.5.3 «Επίγνωση της κατάστασης»

Οι αξιωματικοί γέφυρας στα επανδρωμένα πλοία εργάζονται διαρκώς για την οικοδόμηση αυτού που ονομάζεται ‘επίγνωση της κατάστασης’. Ο όρος δημιουργήθηκε από τον Mika Endsley το 1988 και ορίζεται ως "Η αντίληψη των στοιχείων του περιβάλλοντος εντός ενός χρονικού και χωρικού πλαισίου, η κατανόηση του νοήματός τους και η προβολή της κατάστασης τους στο εγγύς μέλλον". Στη γέφυρα ενός συμβατικού πλοίου, αυτό επιτυγχάνεται με όργανα παρακολούθησης όπως το ραντάρ και το ηλεκτρονικό σύστημα ναυτικών χαρτών και πληροφοριών, αλλά και κοιτάζοντας έξω από τα παράθυρα, λαμβάνοντας υπόψη την κίνηση των κυμάτων και τους κραδασμούς του πλοίου. (Porathe et al, 2014)

Σε κοντινές αποστάσεις από άλλα αντικείμενα, όπως κατά την πλοήγηση σε ένα αρχιπέλαγος ή κατά τη διάρκεια ελιγμών στο λιμάνι, η εργασία του πληρώματος είναι κυρίως οπτική καθώς συλλέγονται πληροφορίες από το εξωτερικό περιβάλλον. Κατά την διάρκεια που το πλοίο διασχίζει τον ωκεανό, το έργο του πληρώματος μετατρέπεται σε μια πιο εποπτική κατάσταση. Λόγω της έλλειψης αντικειμένων οπτικής αναφοράς, χρησιμοποιούνται κυρίως πληροφορίες που προέρχονται από τα ναυτικά όργανα πλοήγησης όπως το ραντάρ και ο ηλεκτρονικός ναυτικός χάρτης.

Όμως, όταν ο καιρός στον ωκεανό χειροτερεύει, η κατάσταση στη γέφυρα μετατρέπεται από μια εργασία παρακολούθησης σε ένα πιο ενεργό έργο. Ο αυτόματος πιλότος είναι συχνά αποσυνδεδεμένος και το πλοίο κατευθύνεται χειροκίνητα με στόχο να διασχίσει ομαλότερα τις θάλασσες. Ο καπετάνιος στηριζόμενος στην εμπειρία και τις δεξιότητές του αντιλαμβάνεται πότε πρέπει να επιβραδύνει ή να μεταβάλλει ελαφρώς την πορεία του πλοίου σε σχέση με την κατεύθυνση και τη μορφή των επερχόμενων κυμάτων, για την καλύτερη φροντίδα και την ασφάλεια του ίδιου του πλοίου, του φορτίου και του πληρώματός του. (Porathe et al, 2014)

Επομένως, η έννοια της επίγνωσης της κατάστασης εμπεριέχει πολύ περισσότερα από την απλή συλλογή και τη χρήση των πληροφοριών που παρουσιάζονται από τα όργανα πλοήγησης. Η έλλειψη της άμεσης επαφής των ανθρώπων με το πλοίο, δημιουργεί πολλά ζητήματα που αφορούν την παρακολούθηση και τον έλεγχο, καθώς θα είναι δύσκολο για τους χειριστές του κέντρου ελέγχου ξηράς να αντιληφθούν πώς συμπεριφέρεται το πλοίο χιλιάδες μίλια μακριά και τι συμβαίνει στο περιβάλλον του κάθε στιγμή.

Το σύνολο αυτών των παραγόντων που προκαλούν την αίσθηση του πλοίου θα πρέπει να μεταφερθούν στην ξηρά, στο κέντρο ελέγχου. Κατά τη διάρκεια της πλοήγησης, η έννοια της «αίσθησης του πλοίου» από τους ναυτικούς που βρίσκονται σε αυτό, παίζει καθοριστικό ρόλο

στη δημιουργία και τη διατήρηση της «αρμονίας» μέσω της οποίας μπορεί να εξασφαλιστεί η γενικότερη ασφάλεια του πλοίου και των ανθρώπων. Η έννοια της «αρμονίας» αφορά την επίτευξη του συντονισμού του πλοίου με το δυναμικό περιβάλλον. (Man et al, 2014)

Ενώ οι έννοιες της αίσθησης και της αρμονίας του πλοίου δημιουργήθηκαν αρχικά για τους ελιγμούς του πλοίου, η εφαρμογή τους εκτείνεται πλέον και στο πεδίο των κέντρων ελέγχου που βρίσκονται στην ξηρά καθώς με την απώλεια της άμεσης πλοήγησης, η αρμονία χάνεται επίσης. (Man et al, 2014)

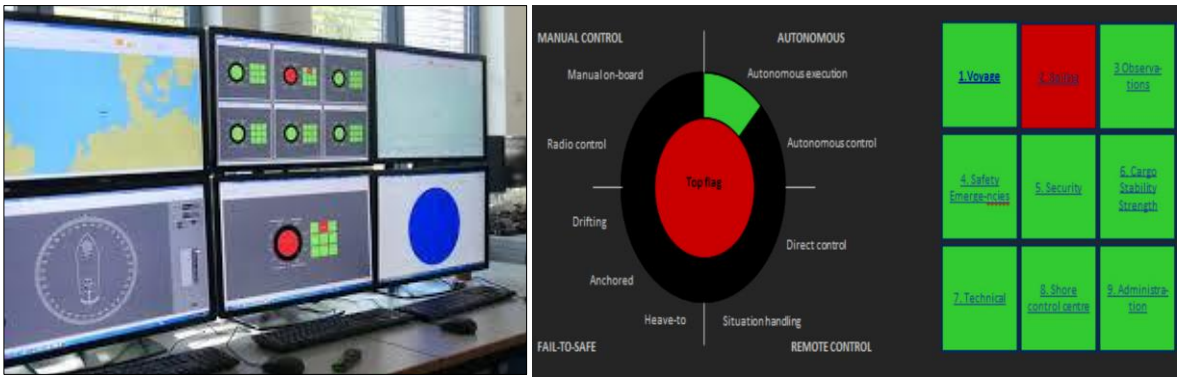
4.5.4 Σχεδιασμός του κέντρου ελέγχου με επίκεντρο τον χειριστή

Προκειμένου να εντοπιστούν οι πληροφορίες που θα χρειαστεί το κέντρο ελέγχου της ξηράς, για να έχει επαρκή ενημέρωση με σκοπό την διατήρηση ενός υψηλού επιπέδου επίγνωσης της κατάστασης, πραγματοποιήθηκε μια έρευνα από το Πανεπιστήμιο Chalmers,στα πλαίσια της τεχνολογικής σκοπιμότητας του έργου MUNIN. Η έρευνα ήταν μια δοκιμή, βασισμένη σε υποθετικά σενάρια ελέγχου αυτόνομων πλοίων, όπου πλοίαρχοι και μηχανικοί ανέλαβαν τον ρόλο του χειριστή και του μηχανικού, ενώ παρακολουθούσαν έξι αυτόνομα πλοία. (Man et al, 2014)

Τα ευρήματα της μελέτης οδήγησαν σε ορισμένα από τα παρακάτω συμπεράσματα. Η δομή της ιεραρχίας του κέντρου ελέγχου, με έναν καπετάνιο ως τελικό υπεύθυνο λήψης αποφάσεων, είναι αμφισβητήσιμη. Ο καπετάνιος αποδείχθηκε ο πιο αδύναμος κρίκος καθώς ήταν τελείως εκτός του βρόχου και αντιμετώπισε δυσκολίες στην ανάπτυξη της επίγνωσης της κατάστασης σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Επίσης, οι οπτικές και οι ακουστικές πληροφορίες που μεταδίδονταν στο κέντρο ελέγχου διαπιστώθηκε ότι είναι ελλιπείς και θα πρέπει να αυξηθούν, ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερος έλεγχος και λήψη αποφάσεων. Ταυτόχρονα, φάνηκε ότι το κέντρο ελέγχου θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο ειδικά για τις ανάγκες του ανθρώπου και να μην είναι αντίγραφο μιας συμβατικής γέφυρας πλοίου προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η απομακρυσμένη επίγνωση της κατάστασης. Τέλος, εντοπίστηκε ότι το σύστημα συναγερμού θα πρέπει να έχει δυναμικό σχεδιασμό, δίνοντας έτσι στους ανθρώπους που βρίσκονται στο κέντρο ελέγχου, περισσότερο χρόνο για να αντιδράσουν και να εισέλθουν στον βρόχο για περαιτέρω αποφάσεις και ενέργειες. (Man et al, 2015)

Προφανώς, ο τρόπος με τον οποίο θα είναι διαμορφωμένο το σύστημα διαχείρισης συναγερμών, είναι το πιο σημαντικό στοιχείο στον σχεδιασμό του κέντρου ελέγχου αφού θα πρέπει να διατηρεί τους χειριστές εντός βρόχου. Το τρέχον πρωτότυπο του, είναι δομημένο ως

σύστημα αναφοράς της κατάστασης έξι πλοίων για κάθε χειριστή. Κάθε πλοίο με τη σειρά του, χωρίζεται σε εννέα επιπλέον υποκατηγορίες, οι οποίες εμπεριέχουν τις πληροφορίες που αποστέλλονται από τους αισθητήρες του πλοίου όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 8. Ο σταθμός ελέγχου ενός χειριστή και ο πίνακας ελέγχου ενός αυτόνομου πλοίου (Πηγή: Man et al, 2015)

Το σύστημα, βασίζεται σε τρία χρώματα σημαιών (κόκκινο, κίτρινο, πράσινο) και ενσωματώνει και άλλα συμβατικά όργανα πλοήγησης, όπως οι θαλάσσιοι χάρτες. Η προσέγγιση αυτή, επιτρέπει στους χειριστές να ελέγχουν την κατάσταση όλων των υπό έλεγχο πλοίων, εκτελώντας μια γρήγορη σάρωση μέσω του ελέγχου των σημαιών. Η φυσιολογική κατάσταση κάθε υποκατηγορίας παρουσιάζεται με πράσινο χρώμα. Εάν κάποια από τις παραμέτρους εμφανίσει κίτρινο ή κόκκινο χρώμα, το πλαίσιο της εκάστοτε κατηγορίας θα αλλάξει χρώμα, το ίδιο και η σημαία στη μέση του μεγάλου κύκλου, προειδοποιώντας τον χειριστή ότι κάτι στο πλοίο αυτό απαιτεί την προσοχή του. Όλες οι πληροφορίες που αποστέλλονται από το κάθε πλοίο προς το κέντρο ελέγχου της ξηράς συγκροτούνται με τυποποιημένο τρόπο όπως φαίνεται και στην εικόνα κάτω από τις εξής εννέα κατηγορίες (Porathe et al., 2014):

1.Ταξίδι

Στην κατηγορία αυτή, εμπεριέχονται πληροφορίες σχετικά με το σχέδιο ταξιδιού, με τον καθορισμό παραμέτρων για συναγερμούς που θα αλλάξουν κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού (π.χ. ελάχιστο επιτρεπόμενο βάθος, ελάχιστη επιτρεπόμενη απόσταση από άλλα σκάφη κ.λπ.), ενημερώσεις που σχετίζονται με τα μηνύματα AIS του πλοίου, την κατάσταση καυσίμων καθώς και καθημερινές ενημερώσεις από τις υπηρεσίες μετεωρολογικού ελέγχου.

2.Ναυσιπλοΐα

Σε αυτή την κατηγορία, εμπεριέχονται όλες οι πληροφορίες που αφορούν την κατάσταση του πλοίου όπως η θέση, η κατεύθυνση, η γωνία του πηδαλίου, η ταχύτητα στροφής, η ταχύτητα πλεύσης κλπ. Κάθε πλοίο παρουσιάζεται με ένα ορθογώνιο κουτί που κινείται κατά

μήκος της προγραμματισμένης διαδρομής. Το κουτί αντιπροσωπεύει την αναμενόμενη θέση και το χρονικό διάκενο στο οποίο πρέπει να βρίσκεται το πλοίο αν το ταξίδι προχωράει σύμφωνα με το σχέδιο. Εάν το πλοίο για κάποιο λόγο αποκλίνει από τα παραπάνω, ο χειριστής ειδοποιείται.

3. Παρατηρήσεις

Σε αυτή την ομάδα αναφέρονται οι σημαντικές πληροφορίες που λαμβάνονται από το σύστημα εντοπισμού αντικειμένων. Το σύστημα αισθητήρων συνδυάζει πληροφορίες από το ραντάρ, το AIS, τις βιντεοκάμερες και τις υπέρυθρες κάμερες, σε ένα σύστημα αναγνώρισης αντικειμένων το οποίο προσδιορίζει την πορεία και την ταχύτητα των άλλων πλοίων και τα μεταδίδει στον αυτόνομο ελεγκτή πλοίου (ASC). Τα δεδομένα αυτά, εμφανίζονται επίσης και στο σύστημα γραφημάτων του κέντρου ελέγχου στην ξηρά. Σε αυτή την ομάδα αναφέρονται επίσης πληροφορίες σχετικά με τις κινήσεις του πλοίου, την ανύψωση και το χτύπημα των κυμάτων ώστε να δίνουν κάποια αίσθηση πλοίου στον χειριστή.

4. Ασφάλεια και καταστάσεις έκτακτης ανάγκης

Σε αυτή την ομάδα παρουσιάζονται πληροφορίες σχετικά με την πυρόσβεση, την εισροή νερού, τις αντλίες, τις υδατοστεγείς πόρτες, τον χειρισμό των αγκυρών κλπ.

5. Ασφάλεια στον κυβερνοχώρο

Αυτή η ομάδα περιέχει πληροφορίες σχετικά με την κυβερνασφάλεια στο πλοίο. Ο χειριστής θα μπορεί να ελέγχει την εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στο πλοίο (π.χ. ομάδα συντήρησης), αλλά και πιθανών εισβολέων ή λαθρεπιβατών επί του πλοίου που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο την ακεραιότητα του. Οι εικόνες κάμερας CCTV από το πλοίο θα μπορούν επίσης να ελέγχονται από τον χειριστή και να δίνουν σαφή εικόνα της κατάστασης στο μηχανοστάσιο, τη σκάλα πιλότου, το φορτίο καθώς και τους κοινόχρηστους εσωτερικούς χώρους και τους χώρους του καταστρώματος.

6. Φορτίο, σταθερότητα και αντοχή

Σε αυτή την ομάδα παρουσιάζονται πληροφορίες για το αυτόνομο σύστημα σταθερότητας του φορτίου. Αυτή η ομάδα περιέχει επίσης πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες του φορτίου, την παρακολούθηση της θερμοκρασίας, της υγρασίας και του εξαερισμού.

7. Τεχνική

Σε αυτή την ομάδα εντάσσονται οι παράμετροι του κινητήρα. Ο κινητήρας ελέγχεται από το αυτόνομο σύστημα ελέγχου του κινητήρα και όταν όλα λειτουργούν σωστά, μόνο μια πολύ περιορισμένη ποσότητα πληροφοριών αποστέλλεται στην ακτή. Ωστόσο, το κέντρο

ελέγχου μπορεί να παρακολουθήσει όλες τις διαθέσιμες παραμέτρους του κινητήρα και να ελέγξει το σχέδιο συντήρησης και επισκευής.

8. Κέντρο Ελέγχου

Το μη επανδρωμένο πλοίο θα είναι υποχρεωμένο να ακούει και να ανταποκρίνεται σε όλα τα σήματα κινδύνου όπως ένα επανδρωμένο πλοίο. Οι εισερχόμενες κλήσεις θα πρέπει να συνδέονται με τον χειριστή της ακτής. Navtex, προειδοποιήσεις πλοήγησης, μηνύματα κειμένου AIS κλπ. θα υπάρχουν επίσης μέσα σε αυτήν την ομάδα πληροφοριών.

9. Διοικητικό

Τέλος, θα υπάρχει μια ομάδα που θα περιέχει τις πληροφορίες που σχετίζονται με τις καταγραφές ενός πλοίου, όπως τα διάφορα ημερολόγια συμβάντων. Το VDR (Voyage Data Recorder) είναι ένας τέτοιος τύπος πληροφοριών.

Τέλος, όσο αφορά το έργο AAWA, στις περιπτώσεις που το αυτόνομο πλοίο δεν θα μπορεί να επιλύσει ένα πρόβλημα που προκύπτει από μόνο του, θα στέλνει ένα μήνυμα «pan-pan» στον χειριστή στο κέντρο ελέγχου στην ξηρά, δείχνοντας ότι είναι επείγουσα ανάγκη να αναληφθεί ο έλεγχός του. (AAWA, 2016)

4.5.5 Συμπεράσματα

Συνολικά, το μη επανδρωμένο πλοίο δεν σημαίνει την εξάλειψη των ανθρώπινων παραγόντων. Μετατοπίζοντας τους ανθρώπους από το πλοίο στην ακτή θα πρέπει να τους θεωρήσουμε ως τους βασικούς συντελεστές για την δημιουργία ενός αποτελεσματικού συστήματος πληροφοριών και διαδραστικών προσεγγίσεων.

Η Rolls-Royce συνεργάστηκε με το Κέντρο Τεχνικών Ερευνών VTT της Φινλανδίας και τη Μονάδα Ανθρώπινης Αλληλεπίδρασης-Υπολογιστή του Tampere, για να παρουσιάσει μια ιδέα για το μελλοντικό κέντρο ελέγχου, με σκοπό τον καλύτερη παρουσίαση των δεδομένων που συλλέγονται από τους αυτόνομους αισθητήρες. (Hogg and Ghosh, 2016) Η έρευνα αξιοποίησε γνώσεις που αντλήθηκαν από απομακρυσμένο έλεγχο αυτόνομων συστημάτων σε άλλες βιομηχανίες, δημιουργώντας έτσι ένα προσχέδιο που χρησιμοποιεί διαδραστικές έξυπνες οθόνες, συστήματα αναγνώρισης φωνής, ολογράμματα και αεροσκάφη επιτήρησης (drones) για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση επί του πλοίου. Παρά τις υπάρχουσες μελέτες για την απομακρυσμένη παρακολούθηση και τον τηλεχειρισμό που έχουν ήδη εφαρμοστεί σε διάφορους άλλους τομείς, ο έλεγχος και η παρακολούθηση μη επανδρωμένων πλοίων είναι ένας νέος τομέας έρευνας. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να εξεταστούν εκτενώς οι πιθανές προκλήσεις και δυνατότητες.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με έμφαση στην βιωσιμότητα και την ανταγωνιστικότητα των θαλάσσιων μεταφορών, η έρευνα για τον σχεδιασμό των μη επανδρωμένων εμπορικών πλοίων είναι ευρεία, αποκαλύπτοντας συνεχώς θετικά αποτελέσματα που υποστηρίζουν την πιθανή λειτουργία τους στην ανοικτή θάλασσα, στο άμεσο μέλλον.

Παρόλο που ο ακριβής τρόπος κατασκευής των επιμέρους συστημάτων του αυτόνομου πλοίου εξακολουθεί να συνδέεται με ένα υψηλό επίπεδο αβεβαιότητας, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα αυτόνομα πλοία φέρουν τη δυνατότητα αύξησης της κερδοφορίας των ναυτιλιακών εταιρειών. Με την πλήρη αφαίρεση του πληρώματος από το πλοίο, οι ναυτιλιακές εταιρείες μπορούν να επιτύχουν καλύτερα κέρδη χάρη στο μειωμένο κόστος επάνδρωσης και την ταυτόχρονη αύξηση της μεταφορικής τους ικανότητας.

Με βάση το μοντέλο των ταμειακών ροών στη ναυτιλία και χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση πέντε σεναρίων, η Fraunhofer CML προσδιόρισε και εκτίμησε ποσοτικά την ενδεχόμενη εξοικονόμηση κόστους καθώς και το πρόσθετο κόστος ενός αυτόνομου εμπορικού πλοίου στα πλαίσια του έργου MUNIN. Η οικονομική ανάλυση αποκάλυψε ότι το αυτόνομο πλοίο θα ήταν οικονομικά βιώσιμο υπό ορισμένες συνθήκες. Σε ένα βασικό σενάριο, το πλοίο MUNIN βρέθηκε ότι βελτιώνει την αναμενόμενη παρούσα αξία κατά 7 εκατ. USD σε μια περίοδο 25 ετών σε σύγκριση με ένα συμβατικό πλοίο.

Παράλληλα, τα αποτελέσματα μιας ακόμα μελέτης που διεξάχθηκε από την Marintek στα πλαίσια του έργου MUNIN σχετικά με την ασφάλεια των αυτόνομων πλοίων, έδειξαν ότι η εισαγωγή της αυτονομίας στα πλοία θα μπορούσε να καταστήσει την ναυτιλιακή βιομηχανία ασφαλέστερη, αφαιρώντας απλώς ορισμένες ευθύνες από τους ανθρώπους. Ο κίνδυνος του μη επανδρωμένου πλοίου για ατυχήματα σύγκρουσης και προσάραξης διαπιστώθηκε ότι είναι περίπου 10 φορές χαμηλότερος από ό,τι για ένα συμβατικό πλοίο. Η προσάραξη και οι συγκρούσεις βέβαια θα εξαρτηθούν από το πόσο καλά μπορεί να ελεγχθεί το πλοίο από το κέντρο ελέγχου της ξηράς και να αποφευχθούν τέτοια περιστατικά. Μπορεί κανείς να υποστηρίξει όμως, βάσει των αποτελεσμάτων της μελέτης, ότι οι κίνδυνοι για τα μη επανδρωμένα πλοία θα είναι χαμηλότεροι από ό, τι για τα επανδρωμένα, αλλά αυτό δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί αυτή τη στιγμή.

Τέλος, όπως φάνηκε από τα πρώιμα στάδια των ερευνών, τα νέα σχέδια κατασκευής των αυτόνομων πλοίων θα μειώσουν την κατανάλωση καυσίμου και κατ' επέκταση τις εκπομπές αέριων ρύπων και αναμένεται να είναι λιγότερο ευάλωτα στις πειρατικές επιθέσεις.

Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν ορισμένα θέματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν για να λειτουργήσουν τα αυτόνομα πλοία ως ασφαλή και αποδοτικά μέσα μεταφοράς. Οι κίνδυνοι από ενδεχόμενες επιθέσεις στα κυβερνο-συστήματα του αυτόνομου πλοίου, είναι ένα από τα ζητήματα που προκαλούν μεγάλη ανησυχία στους πλοιοκτήτες και το ευρύ κοινό. Τα αυτόνομα πλοία που θα παρακολουθούνται από ένα κέντρο ελέγχου στην ξηρά θα απαιτούν αξιόπιστα συστήματα επικοινωνίας υψηλής ποιότητας μεταξύ του πλοίου και της ακτής. Ωστόσο, όπως ήδη φαίνεται από τις ενέργειες που καταβάλλουν σχετικά ερευνητικά κέντρα, θα είναι δυνατή η σχεδίαση συστημάτων που έχουν μεγάλη ανθεκτικότητα έναντι τέτοιων επιθέσεων.

Επιπρόσθετα, τα νομικά ζητήματα που ενδέχεται να επηρεάσουν το μη επανδρωμένο πλοίο είναι ακόμα ένα ζήτημα που προκαλεί ανησυχία. Τομείς που αφορούν την ναυσιπλοΐα, την επάνδρωση, τα κατασκευαστικά πρότυπα, τον σχεδιασμό και τον εξοπλισμό των πλοίων, χρήζουν άμεσης ρύθμισης. Ταυτόχρονα, όσον αφορά την ευθύνη, το μεγαλύτερο ζήτημα σχετίζεται με την κατανομή των αρμοδιοτήτων και των ευθυνών στα πρόσωπα που εμπλέκονται στη λειτουργία ενός μη επανδρωμένου πλοίου. Δεν είναι σαφές εάν ο νομικός αυτός ρόλος θα πρέπει να διαιρεθεί μεταξύ των εφοπλιστών, των χειριστών του κέντρου ελέγχου και των κατασκευαστών του εξοπλισμού, ή να απονεμηθεί νομικά σε μια ενιαία οντότητα. Πρόκειται για ένα ζήτημα το οποίο θα πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω. Εφόσον όμως, υπάρχει εύλογη πιθανότητα ότι το μη επανδρωμένο πλοίο μπορεί να είναι τουλάχιστον εξίσου ασφαλές με το επανδρωμένο πλοίο σε όλες τις λειτουργίες του, δεν υπάρχει λόγος να πιστεύουμε ότι το νομικό πλαίσιο δεν μπορεί να προσαρμοστεί.

Τέλος, παρόλο που οι ειδικευμένοι ναυτικοί θα παραμείνουν απαραίτητοι για τον χειρισμό και τον έλεγχο των μη επανδρωμένων πλοίων, θα απαιτηθούν από αυτούς νέες δεξιότητες και ορισμένοι παραδοσιακοί ρόλοι θα καταστούν άνευ αντικειμένου λόγω της εισαγωγής του αυτοματισμού. Το γεγονός αυτό ενώ ενδέχεται να προκαλέσει την εξάλειψη ορισμένων θέσεων εργασίας, θα δημιουργήσει ταυτόχρονα νέες, οι οποίες θα χαρακτηρίζονται από βελτιωμένες συνθήκες εργασίας.

Εν κατακλείδι, ενώ γνωρίζουμε ότι ο αυτοματισμός θα δημιουργήσει ένα νέο είδος απειλών και σφαλμάτων, αν αυτά είναι τουλάχιστον μειωμένα σε σχέση με τα σημερινά, θα έχουμε αποτελεσματικότερα πλοία χωρίς κινδύνους για την ανθρώπινη ζωή.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω ευρήματα, καταλήγουμε ότι το αυτόνομο πλοίο αποτελεί ένα θετικό εγχείρημα για την ναυτιλιακή βιομηχανία του μέλλοντος. Προκειμένου όμως η άποψη αυτή να μπορεί να υποστηριχθεί καλύτερα, θα πρέπει να γίνουν επιπλέον έρευνες καθώς η παρούσα εργασία αναφέρθηκε σε ένα συγκεκριμένο τύπο πλοίου, όπως αυτός αναπτύχθηκε στα πλαίσια του έργου MUNIN.

Οι μελλοντικές έρευνες σχετικά με την βιωσιμότητα των αυτόνομων πλοίων θα πρέπει να βασίζονται στην λεπτομερέστερη σχεδίαση τους προκειμένου τα αποτελέσματα να είναι πιο αξιόπιστα και να λάβουν υπόψη και άλλους τύπους πλοίων (ρυμουλκά, σκάφη εξυπηρέτησης, island ferries) και όχι μόνο εμπορικά πλοία. Επί του παρόντος, έχουν προκύψει νέες ιδέες για τον τρόπο λειτουργίας των αυτόνομων πλοίων και θα ήταν σκόπιμο να πραγματοποιηθεί μια δομημένη ανάλυση και για αυτούς τους τύπους λειτουργίας, ώστε να συγκριθούν τα αναμενόμενα πλεονεκτήματα μεταξύ τους και να εντοπιστούν οι πλέον συμφέρουσες εφαρμογές τους. Το έργο MUNIN και το έργο AAWA στα οποία έγινε αναφορά εδώ, είναι μόνο η αρχή των κορυφαίων τεχνολογιών που θα ανοίξουν το δρόμο για την επαναστατική εποχή του έξυπνου πλοίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Επιστημονικά περιοδικά

- Advanced Autonomous Waterborne Applications (AAWA) Position Paper. Remote and autonomous ships: the next steps. London: Rolls-Royce; 2016.
- Ahvenjärvi S. The Human Element and Autonomous Ships. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation 2016; 10(3):517-521.
- Allianz Global Corporate & Specialty. Safety and Shipping Review 2017. Munich, Germany;2017.
- Aro T, Heiskari L. Challenges of unmanned vessels. Bachelor's Thesis. Turku University;2017.
- BIMCO & ICS. Manpower report: The global supply and demand for seafarers in 2015. Executive Summary
- BIMCO, ICS, INTERCARGO, INTERMANAGER, INTERTANKO, WORLD SHIPPING COUNCIL et al. The Guidelines on Cyber Security Onboard Ships.
- Bothur D, Zheng G, Valli C. A critical analysis of security vulnerabilities and countermeasures in smart ship system. Proceedings of the 15th Australian Information Security Management Conference; 2017:81-87.
- Bruhn W, Burmeister H-C. D 5.2: Process map for autonomous navigation. 2013.
- Burmeister H-C, Bruhn W, Rødseth ØJ, Porathe T. Autonomous unmanned merchant vessel and its contribution towards the e-navigation implementation: the MUNIN perspective. International Journal of E-Navigation and Maritime Economy, 2014; 1:1–13.
- Burmeister H-C, Rødseth ØJ, Beyond the e-Navigation implementation plan: Development towards the unmanned merchant vessels? the MUNIN perspective, 2014.
- Burmeister H-C, Bruhn W, Rødseth ØJ, Porathe T. Can unmanned ships improve navigational safety? Paris: Transport Research Arena; 2014.
- Burmeister H-C, Bruhn W, Long M, Moræus JA, Conducting look-out on an unmanned vessel: Introduction to the advanced sensor module for MUNIN's autonomous dry bulk carrier. International Symposium Information on Ships, 2014;141-154.

➢ Cariou P. Is slow steaming a sustainable means of reducing CO2 emissions from container shipping? Transportation Research Part D: Transport and Environment, Elsevier; 2011; 16(3):260–264.

➢ Chircop A. Testing International Legal Regimes: The Advent of Automated Commercial Vessels. In press with the German Yearbook of International Law, Canada: 2018.

➢ CMI International Working Group Position Paper, Unmanned Ships and the International Regulatory Framework

➢ Comer B, Rutherford D. Relating short-term measures to IMO's minimum 2050 emissions reduction target. ICCT; 2018

➢ Deketelaere P. The legal challenges of unmanned vessels. Master Dissertation, Universiteit Gent; 2017.

➢ Dings J. Smarter Steaming Ahead: Policy options, costs and benefits of regulated slow steaming. (Summary of research carried out for Seas at Risk and Transport & Environment by CE Delft The ICCT and Mikis Tsimplis) 2012.

➢ DNV GL. Remote controlled and autonomous ships in the maritime industry. Position Paper 2018

➢ Dombrowski U, Wagner T. Mental Strain as field of action in the 4th industrial revolution, Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems; 2014: 100-105.

➢ Hogg T, Ghosh S. Autonomous merchant vessels: examination of factors that impact the effective implementation of unmanned ships. Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs, 2016;8(3):206-222.

➢ IMO. International Shipping Facts and Figures – Information Resources on Trade, Safety, Security, Environment, International Maritime Organization; 2012.

➢ International Chamber of Shipping. Reducing CO2 Emissions to Zero: The Paris Agreement for Shipping, Implementing the Initial Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships 2018.

➢ Johns M. Seafarers and digital disruption. Hamburg School of Business Administration for the International Chamber of Shipping 2018.

➢ Joo Hock Ang, Cindy Goh, Alfredo Alan Flores Saldivar, Yun Li, Energy –Efficient Through Life Smart Design, Manufacturing and Operation of Ships in an Industry 4.0 Environment, Energies (2017)

➢ King J. Technology and the seafarer. Journal for Maritime Research 2011:2(1):48-63.

➢ Kobyliński L. Smart ships – autonomous or remote controlled? Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin. 2018; 53 (125): 28–34

➢ Komianos A. The Autonomous Shipping Era, Operational, Regulatory, and Quality Challenges. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation 2018;12(2):335-348.

➢ Kretschmann L, Burmeister H-C, Carlos J. Analyzing the economic benefit of unmanned autonomous ships: An exploratory cost-comparison between an autonomous and a conventional bulk carrier. Research in Transportation Business & Management 2017; 25:76-86.

➢ Kretschmann L, Rødseth Ø, Sage-Fuller B, Noble H, Horahan J, McDowell H. MUNIN Deliverable D9.3 Quantitative assessment 2015.

➢ Lambrou M, Ota M. Shipping 4.0: Technology Stack and Digital Innovation Challenges. IAME 2017 Conference, Kyoto: Japan; 2017.

➢ Lloyds' Registry, Cyber-enabled ships: Deploying information and communications technology in shipping, 1st ed. Lloyds Register's approach to assurance; 2016.

➢ MacKinnon S, Man Y, Lundh M. Porathe T. Command and control of unmanned vessels: Keeping shore-based operators in the loop. 2015

➢ Man Y, Lundh M, Porathe T, Mackinnon S. From desk to field - human factor issues in remote monitoring and controlling of autonomous unmanned vessels, Procedia Manufacturing 2015; 3:2674–2681.

➢ Man Y, Lundh M, Porathe T. Seeking harmony in shore-based unmanned ship handling-From the perspective of human factors, What Is the difference we need to focus on from being onboard to onshore? Proceedings of the 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, 2014.

➢ Mogens B, Henriques M, Bang J. A pre-analysis on autonomous ships. DTU Management Engineering

➢ Nautilus Federation. Future Proofed? What maritime professionals think about autonomous shipping? 2018.

➢ Peters M. Technological unemployment: Educating for the fourth industrial revolution. Educational Philosophy and Theory, 2017;49(1):1-6.

➢ Porathe T. Remote Monitoring and Control of Unmanned Vessels- The MUNIN Shore Control Centre. Proceedings of the 13th International Conference of Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries, 2014:460-467.

➢ Porathe T, Prison J, Man Y. Situation awareness in remote control centers for unmanned ships. Human Factors in Ship Design & Operation, London;2014:1–9.

➢ Reilly G, Jorgensen J. Classification considerations for cyber safety and security in the smart ship era. Smart Ships Technology, London ;2016.

➢ Rodriguez Delgado J. The Legal Challenges of Unmanned Ships in the Private Maritime Law: What Laws Would You Change? ResearchGate; 2018

➢ Rødseth Ø, Burmeister H.-C. Developments towards the unmanned ship. Proceedings of the International Symposium Information on Ships - ISIS 2012, Hamburg, Germany; 2012.

➢ Rødseth Ø, Nordahl H. Definitions for autonomous merchant ships. Norwegian Forum for Autonomous Ships (NFAS) 2017.

➢ Rødseth Ø, Burmeister H-C. Risk assessment for an unmanned merchant ship. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation 2015; 9(3):357-364.

➢ Sage-Fuller B. MUNIN Deliverable D7.2 Legal Analysis and Liability for the Remote Controlled Vessels 2013.

➢ Saldivar A, Ang J, Goh C, Li Y. Energy –Efficient Through Life Smart Design, Manufacturing and Operation of Ships in an Industry 4.0 Environment. Energies 2017.

➢ Stopford M. Maritime Economics. London: Routledge; 2009.

➢ Theunissen E. Navigation of unmanned vessels – history, enablers, challenges and potential solutions. Proceedings of the 12th International navigation engineering conference exhibition Amsterdam; 2014.

➢ Van Hooydonk E. The law of unmanned merchant shipping – an exploration. The Journal of International Maritime Law 2014; 20:403–423.

➢ Wahlstrom M, Hakulinen J, Karvonen H, Lindborg I. Human factors challenges in unmanned ship operations-insights from other domains. Procedia Manufacturing, 2015;3:1038-1045.

➢ Wrobel K, Krata P, Montewka J, Hinz T. Towards the Development of a Risk Model for Unmanned Vessels Design and Operations, TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation 2016; 10(2):267-274.

➢ Wrobel K, Kujala P, Montewka J. Towards the assessment of potential impact of unmanned vessels on maritime transportation safety, Reliability Engineering and System Safety 2017; 165:155-169.

➢ Zanne M, Počuča M, Bajec P. Environmental and Economic Benefits of Slow Steaming. 2013

Διαδικτυακές αναφορές

➢ Adams S.D. ReVolt – next generation short sea shipping. 2014 Available from: https://www.dnvgl.com/news/revolt-next-generation-short-sea-shipping-7279 [Accessed 15 May 2018]

➢ Andrews C. Robot ships and unmanned boats. 2016 Available from: https://eandt.theiet.org/content/articles/2016/09/robot-ships/ [Accessed 9 August 2018]

➢ Baker J. Reducing carbon emissions: is the shipping sector prepared? Available from: https://www.ship-technology.com/features/reducing-carbon-emissions-shipping-sector-prepared [Accessed 28 September 2018]

➢ Cotteleer M, Sniderman B. Forces of change: Industry 4.0. Available from: https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/overview.html [Accessed 19 November 2018]

➢ DIMECC-Autonomous Maritime Ecosystem. 2017. Available from: https://www.oneseaecosystem.net/test-area/ [Accessed 18 July 2018]

➢ Emerj. Autonomous Ships Timeline – Comparing Rolls-Royce, Kongsberg, Yara and More. Available from: https://emerj.com/ai-adoption-timelines/autonomous-ships-timeline [Accessed 24 March 2018]

➢ Epicor. What is Industry 4.0—the Industrial Internet of Things? Available from: https://www.epicor.com/resources/articles/what-is-industry-4-0.aspx#1 [Accessed 19 November 2018]

➢ European Commission. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. 2012; Available from: http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52011DC0112:EN:NOT [Accessed 18 July 2018]

➢ Gilbert P. Five ways the shipping industry can reduce its carbon emissions. The Conversation. Available from: http://theconversation.com/five-ways-the-shipping-industry-can-reduce-its-carbon-emissions-94883 [Accessed 25 September 2018]

➢ IMO. MSC99. Meeting Summary. 2018. Available from: https://www.liscr.com/sites/default/files/liscr_imo_regulatory_updates/IMO%20MSC%2099_Meeting%20Summary.pdf [Accessed 10 September]

➢ IMO, The 2020 global Sulphur limit. Available from: http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx [Accessed 25 September 2018]

➢ MUNIN Brochure 2013. Available from: http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2013/01/MUNIN-Brochure.pdf [Accessed 13 March 2018]

➢ Ocean beyond piracy. The state of maritime piracy 2017. Assessing the economic and human cost. Available from: http://oceansbeyondpiracy.org/reports/sop/summary [Accessed 17 January 2019]

➢ Otto Motors. 5 Key Industry 4.0 Technologies. Available from: https://ottomotors.com/blog/5-industry-4-0-technologies [Accessed 19 November 2018]

➢ Toor A. Could autonomous ships make the open seas safer? Available from: https://www.theverge.com/2015/10/12/9504761/rolls-royce-autonomous-unmanned-shipping-illega

➢ UK Chamber of Shipping. The impact of the IMO GHG Strategy on shipping. Hellenic Shipping News. Available from: https://www.hellenicshippingnews.com/the-impact-of-the-imo-ghg-strategy-on-shipping/ [Accessed 25 September 2018]

➢ Wärtsilä successfully tests remote control ship operating capability. Available from: https://www.wartsila.com/media/news/01-09-2017-wartsila-successfully-tests-remote-control-ship-operating-capability [Accessed 8 September 2018]

➢ Waterborne TP, Waterborne Vision 2030 & Innovation Opportunities. Available from: http://www.waterbornetp.org/index.php/documents [Accessed 10 September 2018]

➢ Wise H. Autonomous shipping: The future of seafaring. The manufacturer. Available from: https://www.themanufacturer.com/articles/autonomous-shipping-future-seafaring/ [Accessed 20 December 2018]