

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΚΗ & ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ ΠΑΠΑΝΔΡΙΚΟΠΟΥΛΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ
ΑΜ 08116829

ΤΙΤΛΟΣ: ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ
ΚΑΙ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΠΛΟΙΑ

ΑΘΗΝΑ, 26 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2021

Τριμελής εξεταστική επιτροπή

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη συντονιστική επιτροπή του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών στη Ναυτική & Θαλάσσια Τεχνολογία.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

Κος Νικόλαος Π. Βεντικός (επιβλέπων)
Κος Νικόλαος Θεμελής
Κος Κωνσταντίνος Μπελιμπασάκης

Διορθώσεις/Παρατηρήσεις, κος Κοϊμτζόγλου Αλέξανδρος

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

Πρόλογος/ Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αποτέλεσμα εκτενούς αναζήτησης και έρευνας και εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών στη Ναυτική & Θαλάσσια Τεχνολογία Εθνικού Μετσόβιο Πολυτεχνείου.

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, κ. Νικόλαο Π. Βεντίκο 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

<u>Εισαγωγή</u>	3
1. <u>Τεχνολογία & Αυτοματισμός στην ναυτιλία, θεωρητική προσέγγιση</u>	
1.1 Ο δρόμος για την αυτοματοποίηση & την ψηφιοποίηση της ναυτιλίας	6
1.2 Η ανάγκη για αυτονομία στον κλάδο των μεταφορών	7
1.3 Η αυτονομία στη ναυτιλία	7
1.3.1 Το όραμα της αυτονομίας στον ναυτιλιακό κλάδο	9
1.3.2 Τα επίπεδα αυτονομίας και η συνεχής εξέλιξή τους	9
1.3.3 Η εξέλιξη των δίχρονων & τετράχρονων ναυτικών κινητήρων (MAN ES)	13
1.3.4 Τεχνική ανάπτυξη και δοκιμές μέχρι το σήμερα.....	14
2. <u>Ψηφιοποίηση και αυτοματοποίηση στη ναυτιλιακή βιομηχανία</u>	
2.1 Τεχνολογικοί οδηγοί	16
2.1.1 Big Bata Acquisition	16
2.1.2 Big Data Analytics	17
2.1.3 Η τεχνολογία της επικοινωνίας	19
2.2 Μη τεχνικοί οδηγοί	20
2.2.1 Ασφάλεια	20
2.2.1.1 Ναυτιλιακά	21
2.2.1.2 Λειτουργικά	23
2.2.1.3 Σχετικά με το πλήρωμα	25
2.2.2 Μείωση κόστους	25
2.2.3 Έλλειψη ειδικευμένου προσωπικού	29

3. Marof Ashore Senario

3.1 Το μηχανοστάσιο	29
3.1.1 Αυτοματοποίηση των αισθήσεων (automation of the senses)	30
3.1.2 Πλεονασμός (redundancy).....	30
3.1.3 Αυτόνομη διαχείριση (autonomous operation	31
3.1.4 Συντήρηση στην ακτή (shore-based maintenance).....	32
3.1.5 Συντήρηση με βάσει τις συνθήκες (condition-based maintenance).....	35
3.1.6 Επαυξημένη πραγματικότητα (augmented reality).....	35
3.1.7 Αρθρωτά συστήματα (modular systems).....	36
3.1.8 Σενάρια λειτουργίας της γέφυρας.....	37
3.2 Το στοιχείο Ασφάλεια	39
3.2.1 Ασφαλή Επάνδρωση	39
3.2.2 Πυρόσβεση	39
3.2.3 Εξοπλισμός ασφαλείας	40
3.2.4 Πλημμύρα	40
3.2.5 Προσωπική ασφάλεια πληρώματος	41
3.3 Το οργανωτικό συστατικό	41
3.3.1 Κέντρο λειτουργίας και ελέγχου με βάση την ακτή	43
3.4 Οι διαδικασίες και ο συντονισμός τους (process component.....	45
3.5 Εργατικό δυναμικό	48
3.6 Κοινωνικό περιβάλλον εργασίας	49

3.7 Σενάρια λειτουργίας.....	50
------------------------------	----

Κεφάλαιο 4 – SaCos, αξιοπιστία λειτουργικού συστήματος

4.1 Εφαρμογή προϊόντος SaCoS_one Large	55
4.2 Επισκόπηση Συστήματος	55
4.3 Ηλεκτρονικές μονάδες του κινητήρα	58
4.3.1 Control Unit (Μονάδα Ελέγχου)	58
4.3.2 Injection Unit (Μονάδα Έγχυσης)	58
4.4.3 Extension Unit (Μονάδα Επέκτασης)	59
4.4 Control Cabinets	59
4.4.1 Interface Cabinet	59
4.4.2 Auxiliary Cabinet	60
4.4.3 Remote Access Cabinet (RAC)	60
4.5. Control Panels	60
4.5.1 Τοπικός πίνακας λειτουργίας (Local Operating Panel)	61
4.5.2 Remote Operating Panel (Πίνακας Απομακρυσμένης Λειτουργίας)	62
4.5.3 External Operating Panel (Εξωτερικός πίνακας λειτουργίας)	62
4.6 Αισθητήρες	62
4.6.1 Temperature Sensors (Αισθητήρες θερμοκρασίας)	63
4.6.2 Pressure Transmitter (Πομπός Πίεσης)	63
4.6.3 Speed Sensors (Αισθητήρες Ταχύτητας)	64

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Προσομοίωση δικτύου επικοινωνία.....	10
Εικόνα 2 Κύριες Μεταβλητές Αυτονομία.....	11
Εικόνα 3 Η τεχνολογία των αυτόνομων πλοίων σήμερα.....	14
Εικόνα 4 Απεικόνιση του αυτοματισμού των συστημάτων.....	15
Εικόνα 5 Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων – Λειτουργία	17
Εικόνα 6 Απλοποιημένη δομή ANN.....	18
Εικόνα 7 Προβλεπόμενη χωρητικότητα θαλάσσιου δικτύου.....	20
Εικόνα 8 Κατανομή ατυχημάτων.....	21
Εικόνα 9 Κατανομή ατυχημάτων.....	21
Εικόνα 10 Παράγοντες που οδήγησαν σε ατύχημα.....	22
Εικόνα 11 Χερσαία και υπεράκτια διαχείριση.....	23
Εικόνα 12 Ποσοστό ατυχημάτων σε σχέση με το TBO του κατασκευαστή.....	25
Εικόνα 13 Αριθμός θυμάτων μεταξύ 2014 και 2019.....	26
Εικόνα 15 Ανθρώπινες Αισθήσεις.....	31
Εικόνα 16 Επίδειξη DINCS, εξοπλισμός, κατανεμημένα ευφυή δικτυωμένα συστήματα ελέγχου.....	33
Εικόνα 17 Επαυξημένη πραγματικότητα.....	36
Εικόνα 18 Μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, κατασκευασμένη ως αρθρωτό σύστημα.....	37
Εικόνα 19 BOSB.....	38
Εικόνα 20 Οργανωτική δομή.....	42
Εικόνα 21 Operation Room.....	44
Εικόνα 22 Operation Room.....	44
Εικόνα 23 Columbus Control Centre.....	44
Εικόνα 24 Process Flow Diagram.....	46
Εικόνα 25 SaCoS one BUS-Structure for 32/44 CR.....	57
Εικόνα 26 Control Unit.....	58

Εικόνα 27 Injection Unit.....	58
Εικόνα 28 Extension Unit.....	59
Εικόνα 29 Interface Cabinet.....	59
Εικόνα 30 Auxiliary Cabinet.....	60
Εικόνα 31 Remote Access Cabinet.....	60
Εικόνα 32 Local Operating Panel.....	61
Εικόνα 33 Remote Operating Panel.....	62
Εικόνα 34 External Operating Panel.....	62
Εικόνα 35 Double - Pt1000.....	63
Εικόνα 36 NiCr-Ni.....	63
Εικόνα 37 Pressure Transmitter.....	63
Εικόνα 38 Speed Sensor.....	64
Εικόνα 39 Αισθητήρες.....	64

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Αναλυτική παρουσίαση των επιπέδων αυτονομίας.....	13
Πίνακας 2 Σύνολο ατυχημάτων.....	21
Πίνακας 3 Σύνολο ατυχημάτων.....	21
Πίνακας 4 Συνολικός αριθμός τραυματιών σταδιακά μειώνεται.....	26
Πίνακας 6 Σενάριο μικρής επισκευής στη θάλασσα.....	51
Πίνακας 7 Σενάριο συντήρησης.....	52
Πίνακας 8 Σενάριο ασφάλεια	54

Περίληψη

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι συνεχείς έρευνες για τον σχεδιασμό αυτόνομων εμπορικών πλοίων έχουν αναδείξει ορισμένα αρκετά θετικά και αισιόδοξα αποτελέσματα. Για το λόγο αυτό ναυτική βιομηχανία έχει επενδύσει πάνω στην εδραίωση μοντέλων για πλήρη αυτόματα και αυτόνομα πλοία. 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. Τέλος γίνεται μία προσέγγιση του όρου αξιοπιστία και πως αυτή η μεταβλητή καθίσταται εφικτή στα διάφορα λειτουργικά συστήματα που υπάρχουν στο μηχανοστάσιο.

Λέξεις Κλειδιά: αυτόνομα πλοία, μη επανδρωμένα πλοία, αξιοπιστία συστήματος.

Abstract

In recent decades, ongoing research into the design of autonomous merchant ships has yielded some quite positive and optimistic results. That is the reason why the shipping industry has invested in consolidating models for fully automatic and autonomous ships. The expected benefits associated with the operation of autonomous ships, come mainly from the removal of crews from them, which can contribute positively both in reducing their operating costs and in minimizing maritime accidents. However, skepticism about unmanned ships exists, and therefore demands on how these ships can be at least as safe as the existing ones. Automation is not a panacea, as it tends to create new human weaknesses and reinforce some of the existing ones. This paper, after a brief report on the operation of autonomous ships, 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. Finally, an approach is made to the term of reliability and how this variable is made possible in the various operating systems that exist in the engine room.

Keywords: autonomous vessels, unmanned vessels, system reliability

Εισαγωγή

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 διάφορες μελέτες και συγκεντρωτικούς πίνακες, ένα αρκετά υψηλό ποσοστό των ατυχημάτων στον κλάδο της ναυτιλίας, μπορεί να αποδοθεί σε ανθρώπινο λάθος. (Allianz Global Corporate, 2017). Στις θαλάσσιες μεταφορές, ο αριθμός της θνησιμότητας στα ατυχήματα είναι χαμηλός και συνεχώς μειούμενος σε σύγκριση με άλλους τύπους μεταφορών, δυστυχώς όμως δεν έχει καταστεί ποτέ μηδενικός (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 συμβάλει στην ανάπτυξη μιας βιώσιμης βιομηχανίας θαλάσσιων μεταφορών καθώς όπως φαίνεται θα αποτελέσει το μέσο για την επίλυση των τριών μεγάλων προκλήσεων της. Πρώτον, θα συμβάλει 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 συμβάλει στην επίτευξη οικολογικής βιωσιμότητας χρησιμοποιώντας καινοτόμους τρόπους μείωσης της συνολικής κατανάλωσης καυσίμου. Και τρίτον, θα συμβάλει 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, να παρουσιαστεί η εξέλιξη της τεχνολογίας στο συγκεκριμένο και τέλος να γίνει μία αναλυτική περιγραφή του όρου αξιοπιστία και πως αυτή η μεταβλητή θα συμβάλει στην ομαλή μετάβαση των αυτόνομων, μη επανδρωμένων πλοίων του άμεσου μέλλοντος.

Προκειμένου να απαντηθούν τα παραπάνω ερωτήματα, μελετήθηκε πλήθος άρθρων από αξιόπιστα επιστημονικά περιοδικά, αποτελέσματα στατιστικών ερευνών που είναι δημοσιευμένα στο Διαδίκτυο, αρκετοί κανονισμοί της ναυτιλιακής νομοθεσίας και ακόμα παρουσιάστηκαν ορισμένες εσωτερικές διαδικασίες καταγραφής και μέτρησης της αξιοπιστίας από τους νηογνώμονες.

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 στη μελέτη του μοντέλου Marof Ashore και πως αυτό παρουσιάζει την οργανωτική δομή και το λειτουργικό πλαίσιο δημιουργίας τόσο του αυτόνομου πλοίου όσο και του δικτύου που θα συνδέεται άμεσα με αυτό. Περιγράφεται η οικονομική σκοπιμότητα του από μικροοικονομική σκοπιά, τα περιβαλλοντικά οφέλη, τα πλεονεκτήματα στην ασφάλεια των θαλάσσιων μεταφορών αλλά και τα κοινωνικά οφέλη.

Το τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο διεξάγεται μια επισκόπηση των προκλήσεων που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν και η μεταβλητή της αξιοπιστίας θα συμβάλει στην καταγραφή ακόμα πιο θετικών αποτελεσμάτων. Παρέχονται πληροφορίες για την διαδικασία τη αξιοπιστίας, πως πραγματοποιείται, πως αξιολογείται και πως αποτελεί το κλειδί για την εξέλιξη του συγκεκριμένου οράματος.

Τέλος, τα συμπεράσματα και οι διάφοροι προβληματισμοί που προέκυψαν κατά την εκπόνηση της παρούσας σημειώνονται και προτείνονται πεδία για περαιτέρω επιστημονική ανάλυση.

1. Τεχνολογία & Αυτοματισμός στην ναυτιλία, θεωρητική προσέγγιση

1.1 Ο δρόμος για την αυτοματοποίηση & την ψηφιοποίηση (της ναυτιλίας)

“Η αυτόνομη ναυτιλία είναι το μέλλον της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Τόσο προκλητικό όπως και το έξυπνο κινητό τηλέφωνο, το έξυπνο πλοίο θα φέρει την επανάσταση στο σχεδιασμό και την διαμόρφωση των λειτουργιών του πλοίου” (Mikael Makinen, 2006).

Από την αρχή της ιστορίας, μέχρι και σήμερα ο άνθρωπος αποτελεί τον πρώτο σε εξέλιξη ζωτικό οργανισμό. Κάθε εργασία του τείνει να εξελίσσεται με σκοπό είτε την πλήρη αντικατάσταση είτε τη μερική υποστήριξη από διάφορα τεχνολογικά επιτεύγματα. Με βάση την χρονική αναδρομή, τα σημαντικότερα και συνάμα γνωστά ως σημεία αναφοράς της εξέλιξης του ανθρώπινου είδους είναι αυτά που αλλιώς ονομάζονται τεχνολογικές επαναστάσεις. Ο συγκεκριμένος όρος, αναφέρεται στις ευρύτερες αλλαγές που πραγματοποιούνται στην τεχνολογία και στην χρήση αυτής μέσω της οργάνωση της βιομηχανικής παραγωγής, προκαλώντας μεταβολές στις εργασιακές συνθήκες, τις συνθήκες διαβίωσης και τον οικονομικό πλούτο μιας κοινωνίας (Dombrowski, 2014).

Ξεκινώντας από το δεύτερο μισό του 18^{ου} αιώνα (Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο, 2000) με την εφεύρεση της ατμομηχανής και συνεχίζοντας αρκετά χρόνια αργότερα, τέλος του 19^{ου} (Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο, 2000), φτάνουμε στην εποχή όπου ο άνθρωπος έχει καταφέρει να ανακαλύψει την ηλεκτρική ενέργεια και να κατανοήσει πλήρως τις ευεργετικές της δυνατότητες. Έχοντας δημιουργήσει ένα επίπεδο ζωής υψηλότερων προσδοκιών ο άνθρωπος θα συνεχίσει να εξελίσσεται φτάνοντας στο 1971 – εκεί θα τοποθετηθεί χρονικά η εποχή της Τρίτης Βιομηχανικής Επανάστασης (Dombrowski, 2014). Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία του Η/Υ, η διαδικασία της παραγωγής αρχίζει να εισέρχεται σε στάδια αυτοματοποίησης και ο άνθρωπος εστιάζει πλέον στην αύξηση της παραγωγικότητας και παράλληλα στην μείωση του κόστους της εργασίας. Σχεδόν μισό αιώνα αργότερα, φτάνοντας στο πρόσφατο παρελθόν, γίνονται αναφορές για την Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση (Industry 4.0) η οποία βασίζεται στα θεμέλια της προηγούμενης ψηφιακής επανάστασης έχοντας όμως ως πυλώνες τρία βασικά χαρακτηριστικά που την καθιστούν διαφορετική. Αρχικά, η τεράστια ποσότητα δεδομένων (Big Data), στη συνέχεια οι ασύλληπτες υπολογιστικές ικανότητες των σύγχρονων υπολογιστών και τέλος η χρήση της τεχνητής νοημοσύνης (Dombrowski, 2014).

Η τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί αναμφισβήτητα το κυριότερο χαρακτηριστικό της επερχόμενης αυτής επανάστασης με πρωτεύοντα στόχο την αυτοματοποίηση των ευφυών συμπεριφορών, μεταξύ άλλων της ικανότητας κριτικής σκέψης, της συλλογής πληροφοριών, του σχεδιασμού, της μάθησης, της επικοινωνίας, του χειρισμού και της αντίληψης.

Στον εργοστασιακό κλάδο, η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, αξιοποιεί την έξυπνη ψηφιακή τεχνολογία, τη μηχανική μάθηση και τα μεγάλα δεδομένα για να δημιουργήσει ένα ολιστικά συνδεδεμένο δίκτυο, το οποίο θα συμβάλλει θετικά στην αποτελεσματικότερη διαχείριση της παραγωγής και της εφοδιαστικής αλυσίδας. Στην πραγματικότητα αυτή, οι άνθρωποι και τα ρομπότ εναρμονίζονται αποτελώντας συμπληρωτική μονάδα ο ένας για τον άλλον. Με την τεχνολογία των έξυπνων συστημάτων CPS (Cyber Physical Systems), δημιουργείται μια λειτουργικά ολοκληρωμένη σχέση μεταξύ του φυσικού κόσμου και της ψηφιακής πραγματικότητας, η οποία επιφέρει σημαντικές ευκολίες στην καθημερινότητα μας σε σχέση με τις συνήθειες αρκετά χρόνια πίσω (Dombrowski, 2014).

1.2 Η ανάγκη για αυτονομία στον κλάδο των μεταφορών

Οι μεταφορές είναι ο παγκοσμίως γρηγορότερα αυξανόμενος καταναλωτής ενέργειας. Τα μέσα μεταφοράς καταναλώνουν περισσότερο από 20% της παγκόσμιας πρωτογενούς ενέργειας και ευθύνονται σε πολύ μεγάλο βαθμό για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Το σημαντικότερο πρόβλημα των μεταφορών σήμερα, τόσο στην Ελλάδα όσο και στην υπόλοιπη Ευρώπη, αποτελεί η συνεχής αύξηση της ζήτησης για μετακινήσεις. Η αύξηση αυτή επικεντρώνεται στις οδικές μεταφορές, ως τον πλέον ευέλικτο τρόπο μεταφοράς. Η εξοικονόμηση ενέργειας στις μεταφορές βρίσκει εφαρμογή στο τρίπτυχο: καθαρότερα μεταφορά, οικολογική συνείδηση & αειφόρος κινητικότητα προς όλους τους τομείς και παραμέτρους των μεταφορών σε παγκόσμιο επίπεδο. Η προώθηση των «πράσινων» μεταφορών μειώνει τις εκπομπές ρύπων και άλλων αερίων που συμβάλλουν αντίστοιχα στα τοπικά προβλήματα ρύπανσης και συνεπώς στο παγκόσμιο φαινόμενο της πλανητικής κλιματικής αλλαγής. Αναμφισβήτητα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ένα αναγκαίο καλό στο οποίο η ανάγκη για επενδύσεις και άμεσα αποτελέσματα είναι επιτακτική (ΛΑΛΕΟΓΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ & ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΣ ΑΛΕΞΗΣ, 2011).

1.3 Η αυτονομία στη ναυτιλία

Στην αρχική ενότητα έγινε λόγος για την Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση και τα θεμέλια που θέσπισε ως προς την χρήση της τεχνολογίας τόσο σε στεριά όσο και σε θάλασσα. Οι επιτακτικές αλλαγές στις μετακινήσεις που ήδη επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την καθημερινότητα των ανθρώπων στη στεριά, κάνουν τα πρώτα, αλλά δυναμικά βήματα και στη ναυτιλία. Οι αναδύομενες 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, συμβάλλοντας έτσι 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 αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους (Dombrowski, 2014). Το Cloud Computing και το Big Data Analytics, θα χρησιμοποιούνται προκειμένου να λαμβάνονται 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 (Lambrou, 2017).

Πριν από αρκετές δεκαετίες η ιδέα της διαχείρισης της καθημερινότητας του ανθρώπου μέσω μιας μικρής γυάλινης οθόνης, θεωρούνταν σενάριο επιστημονικής φαντασίας. Φτάνοντας στο σήμερα, το ποσοστό των πολιτών που δεν εκμεταλλεύονται προς όφελός τους τις δυνατότητες της τεχνολογίας είναι ελάχιστο. Έτσι και στην ναυτιλία – μερικά χρόνια πίσω η συζήτηση για έξυπνα πλοία θεωρήθηκε από πολλούς ως φουτουριστική φαντασία. Σήμερα, η προοπτική ενός τηλεχειριζόμενου πλοίου για εμπορική χρήση έχει γίνει πραγματικότητα δίνοντας παράλληλα αρκετά αισιόδοξα αποτελέσματα για περαιτέρω διεύρυνση. Για τον ναυτιλιακό κλάδο, οι τεχνολογικές καινοτομίες σχετίζονται έντονα με την ψηφιοποίηση των δεδομένων που αφορούν το πλοίο, τις λειτουργίες του και το κέντρο ελέγχου από όπου συνήθως θα δίνονται και οι κατευθυντήριες γραμμές. Τα πλοία, τα λιμάνια, τα φορτία και οι ναυτιλιακές εταιρείες, χάρη στην ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των πληροφοριών και επικοινωνιών θα συνδέονται μέσω του διαδικτύου, έτσι ώστε οι διαδικασίες να πραγματοποιούνται σε πραγματικό χρόνο (real time) και να εκτελούνται χωρίς καμία χρονική καθυστέρηση η οποία μπορεί να γίνει αντιληπτή από τις ανθρώπινες αισθήσεις.

1.3.1 Το όραμα της αυτονομίας στον ναυτιλιακό κλάδο

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). Όπως στους περισσότερες τομείς, έτσι και στην ναυτιλία η ανάγκη εξέλιξης του έξυπνου πλοίου δεν άρχισε να έρθει. Από τις αρχές της δεκαετία του '90 υπάρχουν βιβλιογραφικές αναφορές που αναφέρονται στα πλοία του μέλλοντος (Schönknecht, 1983). Τα καθιστούν πλήρως ελεγχόμενα από έναν Η/Υ με τον Πλοίαρχο (χειριστή) να βρίσκεται πλέον στη στεριά και να ασκεί τα καθήκοντά του μέσα από μία οθόνη. Κατά την ίδια χρονική περίοδο, στην ασιατική ήπειρο, και συγκεκριμένα σε μία αρκετά προηγμένη τεχνολογικά χώρα, την Ιαπωνία, το άκουσμα του έξυπνου πλοίου το οποίο θα πλέει χωρίς τη βοήθεια του πληρώματος, κρίθηκε ως καινοτόμο και συμφέρον από την άποψη της εξοικονόμησης σε πάγια κόστη που αφορούσαν το πλήρωμα και την ασφάλεια αυτού.

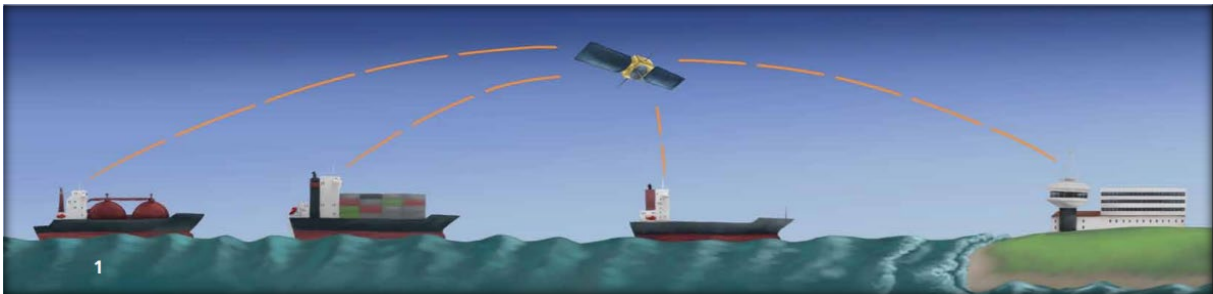
Μπαίνοντας σε μια νέα χιλιετία, οι βάσεις για αυτονομία στην ναυτιλία τίθενται αυτή τη φορά από τον διεθνή οργανισμό ναυσιπλοΐας (International Maritime Organization, IMO). Το όραμα του IMO είναι η ηλεκτρονική πλοήγηση (e-Navigation), που ορίζεται ως "η εναρμονισμένη συλλογή, ενσωμάτωση, ανταλλαγή, παρουσίαση 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" (Hans-Christoph Burmeister, Wilko Bruhn, Ørnulf Jan Rødseth, Thomas Porathe, 2014). Στόχος – βραχυπρόθεσμα είναι να βελτιωθούν τα συστήματα πλοήγησης που βρίσκονται στα πλοία, να υπάρχει και να γίνεται πιο αποτελεσματική διαχείριση των πληροφοριών που σχετίζονται με την πορεία των πλοίων, και τέλος να υπάρξουν οι σωστές υποδομές για να εδραιωθεί ένα ασφαλέστερο σύστημα επικοινωνίας μεταξύ των κινούμενων πλοίων και των πλοίων με τη στεριά.

Συνοπτικά λοιπόν, ο IMO ορίζει την έναρξη μιας περιόδου στην οποία η τεχνολογία και ο αυτοματισμός θα επικεντρωθούν για την δημιουργία έξυπνων και συνάμα μελλοντικά και αυτόνομων πλοίων μεταφοράς τόσο εμπορεύματος όσο και ανθρώπων.

1.3.2 Ορισμός αυτόνομου πλοίου, τα επίπεδα αυτονομίας και η συνεχής εξέλιξή τους

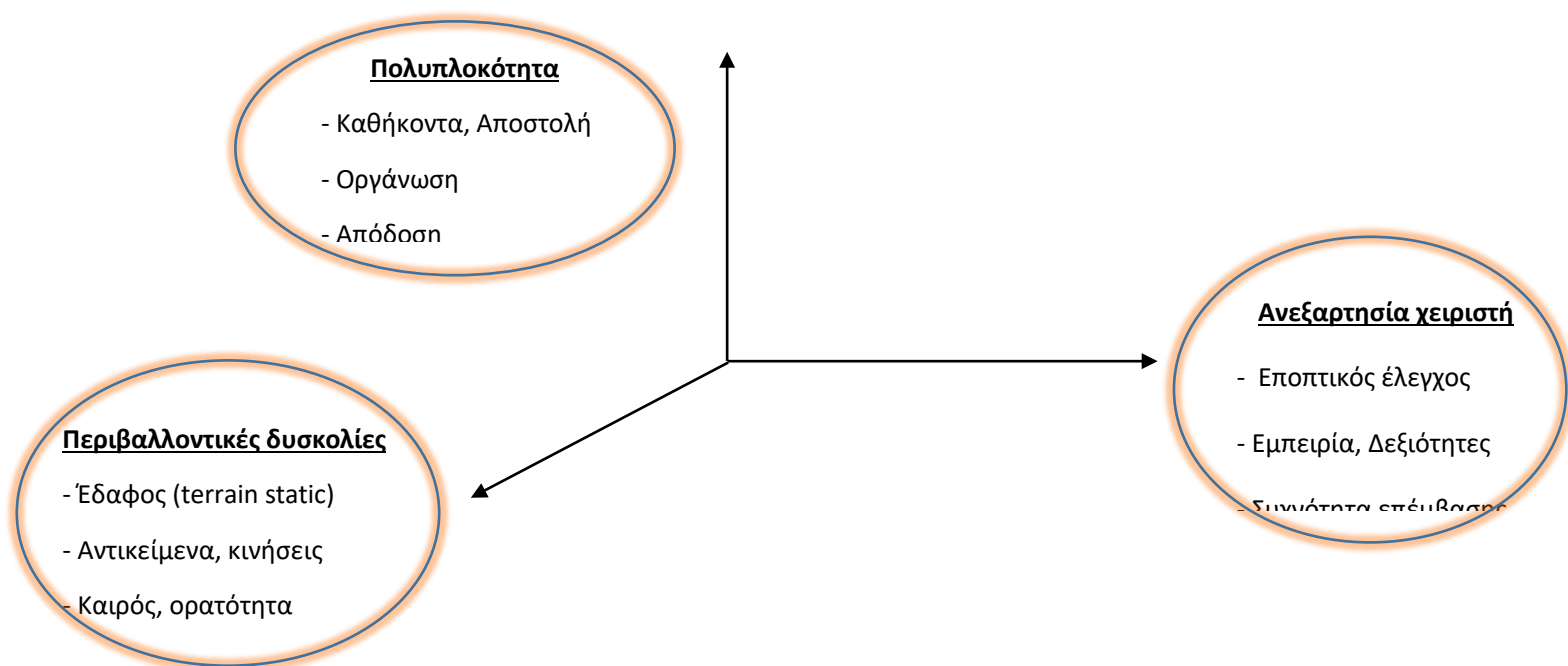
Ως αυτόνομο πλοίο ορίστηκε ένα πλοίο εξοπλισμένο με συστήματα ελέγχου και τεχνολογία επικοινωνίας που επιτρέπει την ασύρματη παρακολούθηση και τον έλεγχο του από τη στεριά. Μέσα από προηγμένα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων και δυνατότητες για απομακρυσμένη

και αυτόνομη λειτουργία γίνεται καταγραφή της ασφαλούς πλοήγησης του αυτόνομου πλοίου (Hans-Christoph Burmeister, Wilko Bruhn, Ørnulf Jan Rødseth, Thomas Porathe, 2014). Το πρώτο Ευρωπαϊκό εγχείρημα πραγματοποιείται το 2014 με την στοχοθέτησή του να αγγίζει τα 4 εκατομμύρια ευρώ. Το ερευνητικό αυτό πρόγραμμα ονομάζεται MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence) και στοχεύει στη λειτουργία ενός μη επανδρωμένου εμπορικού πλοίου αξιολογώντας την τεχνική, οικονομική και νομική του σκοπιμότητα (CML, 2016). Η παρακάτω εικόνα συνοψίζει την έννοια του unmanned σκάφους. Δεξιά προβάλλεται το κέντρο ελέγχου από την ακτή και όλες οι πληροφορίες από και προς το πλοίο μεταφέρονται μέσω δορυφόρων.



Εικόνα 7 – Προσομοίωση δικτύου επικοινωνιών (Bodegraven, 2010)

Όπως στις περισσότερες έννοιες, έτσι και στο αυτόνομο πλοίο, υπάρχει διαχωρισμός σχετικά με διάφορους παράγοντες που είτε επηρεάζουν είτε συμβάλλουν στην κατηγοριοποίηση αυτή. Συγκεκριμένα, μέσα από τις διάφορες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν και τα αποτελέσματά αυτών, τα αυτόνομα πλοία χωρίζονται σε δέκα επίπεδα αυτονομίας (Mikael Makinen, 2006). Ξεκινώντας από το επίπεδο ένα, όπου ο άνθρωπος είναι υπεύθυνος για όλες τις αποφάσεις, καταλήγοντας στο επίπεδο δέκα, όπου το σύστημα είναι πλήρως αυτόνομο και δρα μόνο του. Θα μελετήσουμε πως οι παράγοντες άνθρωπος & τεχνολογία αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους σε διαφορετικά ποσοστά διαχείρισης του πλοίου. Οι λειτουργίες συνοψίζονται στην παρακάτω εικόνα με μια ενδεικτική ταξινόμηση λαμβάνοντας υπόψη τρεις κύριες μεταβλητές, complexity (πολυπλοκότητα), automation (αυτοματοποίηση) και operator independence (ανεξαρτησία χειριστή) (Ørnulf Jan Rødseth & Håvard Nordahl, 2017).



Εικόνα 8 – Κύριες Μεταβλητές Αυτονομίας (Ørnulf Jan Rødseth & Håvard Nordahl, 2017)

• **Άμεσος έλεγχος:** Αυτή είναι η κατάσταση στα πλοία σήμερα όπου το πλήρωμα έχει τον πλήρη έλεγχο του πλοίου και χρησιμοποιεί μόνο ελάχιστες λειτουργίες αυτοματοποίησης και υποστήριξης αποφάσεων, π.χ. ραντάρ ARPA. Στο επίπεδο αυτό, ο Η/Υ δεν προσφέρει καμία βοήθεια, ο άνθρωπος είναι υπεύθυνος για όλες τις ενέργειες.

• **Υποστήριξη αποφάσεων:** Το πλοίο είναι εξοπλισμένο με πιο προηγμένα συστήματα αποφυγής-συγκρούσεων & υποστήριξης αποφάσεων, αλλά το πλήρωμα εξακολουθεί να έχει άμεση εντολή για καθοδήγηση του πλοίου. Σε αυτό το επίπεδο αυτονομίας τυπικά τα διάφορα συστήματα αισθητήρων για αποφυγή της σύγκρουσής, συνθέτουν μια ολοκληρωμένη εικόνα της κατάστασης. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δράσει μέσα

- από ένα πλήρες σύνολο εναλλακτικών
- περιορισμένες εναλλακτικές
- μία εναλλακτική επιλογή

• **Αυτόματη γέφυρα:** Ο Η/Υ εκτελεί τις προτεινόμενες ενέργειες, εφόσον ο ανθρώπινος παράγοντας το εγκρίνει. Οι λειτουργίες της δυναμικής τοποθέτησης θα μπορούσαν να θεωρηθούν ότι ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία (αυτόματη προσγείωση, αυτόματες διασταυρώσεις), με την εκτέλεση των πολύπλοκων διαχειριστικών λειτουργιών να πραγματοποιούνται αυτόματα.

• **Περιοδικά μη επανδρωμένα:** Μια σχετική πρόταση είναι να εφοδιαστεί το πλοίο με επαρκείς αισθητήρες και δυνατότητες αυτοματισμού έτσι ώστε να μπορεί το ίδιο να οδηγηθεί σε

καταστάσεις χαμηλής πολυπλοκότητας, π.χ. στην ανοικτή θάλασσα με ήρεμο καιρό. Αυτό το επίπεδο αυτονομίας συμβάλει στην μείωση του άγχους στους ναυτικούς, επιτρέποντας παράλληλα στο πλήρωμα να ξεκουράζεται δουλεύοντας εναλλάξ – συνδυασμός σε βάρδιες. Εδώ, ο χρόνος αντίδρασης του ανθρώπου σχετικά με την έναρξη των αυτόνομων ενεργειών περιορίζεται από τον ίδιο τον υπολογιστή.

• **Απομακρυσμένος έλεγχος** : Στη κατηγορία αυτή, το πλοίο δεν είχε πηδάλιο και μπορεί να ελεγχθεί πλήρως από την ακτή. Σαν αρχή λειτουργίας είναι ίδια τον άμεσο έλεγχο, όμως το πλήρωμα βρίσκεται στην ξηρά. Η τεχνολογία κυριαρχεί πλήρως το πλοίο και ο υπολογιστής δρα αυτόνομα και μόνο αν είναι απαραίτητο ενημερώνει τον άνθρωπο. Παραδείγματα χρήσης, πολύπλοκα σενάρια με αρκετό εύρος ζώνης διαθέσιμο για την παροχή κανονικών υπηρεσιών πλοήγησης στο πλοίο, προσέγγιση σε λιμένα.

• **Αυτόματο**: Σε αυτήν την περίπτωση, το πλοίο διαθέτει αρκετές πληροφορίες από τα διάφορα αισθητήρια συστήματα και κρίνεται ικανό να λειτουργεί πλήρως αυτόνομα, π.χ. αυτόματος ελλιμενισμός όπου το πλοίο μπορεί έχει επικοινωνία με το σύστημα αυτόματης πρόσδεσης για τη βελτιστοποίηση της προσέγγισης του στο αγκυροβόλιο - ο υπολογιστής ενημερώνει τον άνθρωπο μόνο αν του ζητηθεί.

• **Περιορισμένη αυτονομία**: Θεωρείται ένας κοινός τρόπος λειτουργίας μη επανδρωμένων πλοίων που πλέουν σε σχετικά ευνοϊκά περιβάλλοντα. Το πλοίο μπορεί να λειτουργήσει πλήρως αυτόματα / αυτόνομα, σε χαμηλή κυκλοφορία και με μη περιορισμένα νερά, μέχρι να δημιουργηθούν προβλήματα που δεν μπορεί να λύσει. Συνεπώς, ο Η/Υ ενημερώνει τον άνθρωπο όταν ο ίδιος το αποφασίσει, ζητώντας έλεγχο από την ακτή για την επίλυση τυχόν προβλημάτων. Αυτό μειώνει την πολυπλοκότητα των συστημάτων των πλοίων, βελτιστοποιώντας παράλληλα το όφελος από τη δημιουργία εφεδρικών λειτουργιών στην ξηρά.

• **Πλήρως αυτόνομο**: Το πλοίο χειρίζεται όλες τις προβλέψιμες καταστάσεις από μόνο του. Αυτό μπορεί να σημαίνει ρεαλιστικές εναλλακτικές λύσεις για λειτουργίες σε μικρές αποστάσεις και σε πλήρως ελεγχόμενα περιβάλλοντα. Ωστόσο, στη γενική περίπτωση και με τις μέχρι σήμερα έρευνες, αυτό το σενάριο συνεπάγεται πολύ μεγάλη πολυπλοκότητα συστημάτων οποία θα καθιστά την λειτουργία του ισοδύναμη με αυτή του πλοιάρχου. Ο άνθρωπος πλέον έχει τον ελάχιστον ρόλο καθώς το πλοίο δρα και αποφασίζει μόνο του αγνοώντας την παρέμβασή του.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί πως έχουν υπάρξει αρκετές ακόμα προσπάθειες κατηγοριοποίησης των επιπέδων αυτονομίας οι οποίες λαμβάνουν ως βασικούς κριτήρια διαχωρισμού άλλους παράγοντες. Συνοπτικά αναφέρεται πως 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 είναι ικανοί λόγοι έτσι ώστε να περιοριστεί η εξουσία ενός τέτοιου συστήματος, και το επίπεδο λήψης αποφάσεων να φτάνει μέχρι την κατηγορία της αυτόματης γέφυρας - ο Η/Υ εκτελεί τις προτεινόμενες ενέργειες, εφόσον ο ανθρώπινος παράγοντας το εγκρίνει. Ο πίνακας που παρουσιάζεται συνοψίζει τα διάφορα επίπεδα αυτονομίας.

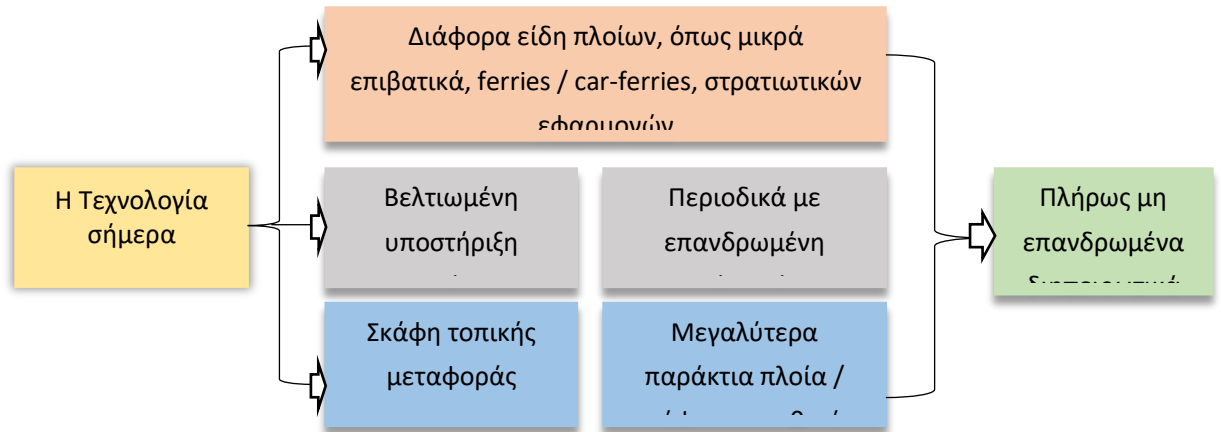
Επίπεδο Αυτονομίας (1-10)	Περιγραφή
1. Άμεσος έλεγχος	Πλήρης έλεγχος από πλήρωμα / όχι συστήματα υποστήριξης
2. Υποστήριξη αποφάσεων με πλήρες σύνολο εναλλακτικών	Συστήματα υποστήριξης με πλήθος αποφάσεων
3. Υποστήριξη αποφάσεων με περιορισμένες εναλλακτικές	Συστήματα υποστήριξης με περιορισμένες αποφάσεις
4. Υποστήριξη αποφάσεων με μια εναλλακτική	Συστήματα υποστήριξης με μια απόφαση
5. Αυτόματη γέφυρα	Αυτοματοποιημένη διαχείριση με συνεχή επίβλεψη από το πλήρωμα
6. Περιοδικά μη επανδρωμένα	Συνεχής επίβλεψη από τη στεριά, πλήρωμα σε βάρδιες
7. Απομακρυσμένος έλεγχος	Μη επανδρωμένο, επίβλεψη & έλεγχος από τη στεριά
8. Αυτόματο	Μη επανδρωμένο, αυτόματος χειρισμός ελεγχόμενος από τη στεριά
9. Περιορισμένη αυτονομίας:	Μη επανδρωμένο, μερικώς αυτόνομο, συνεχής επίβλεψη από τη στεριά
10. Πλήρως αυτόνομο	Μη επανδρωμένο χωρίς επίβλεψη

Πίνακας 2 – Αναλυτική παρουσίαση των επιπέδων αυτονομίας (Ørnulf Jan Rødseth & Håvard Nordahl, 2017)

1.3.2.1 Η συνεχή εξέλιξη των συστημάτων αυτονομίας

Η αναβάθμιση και εξέλιξη των συστημάτων αυτονομίας είναι αποτέλεσμα της εκθετικής ανάπτυξης της τεχνολογίας σε παγκόσμιο επίπεδο. Μελλοντικά, θα αναφερόμαστε σε συστήματα αισθητήρων κατάλληλα για διαλογή αντικειμένων, αποφυγή συγκρούσεων, ανίχνευση και εντοπισμό εξωγενών κινδύνων και ακόμα πολλά που θα δημιουργούνται σταδιακά. Ο στόχος είναι κοινός και δεν παρεκκλίνει από τα πλοία του μέλλοντος που έχουν αναφερθεί τόσο σε βιβλία όσο και σε τεχνολογικές συζητήσεις – το σενάριο του μη επανδρωμένου σκάφους γίνεται πραγματικότητα και θέτει τα θεμέλια μιας πιο ασφαλούς πλεύσης η οποία θα μπορεί να εντοπίζει και να αντιμετωπίζει τους κινδύνους /προβλήματα.

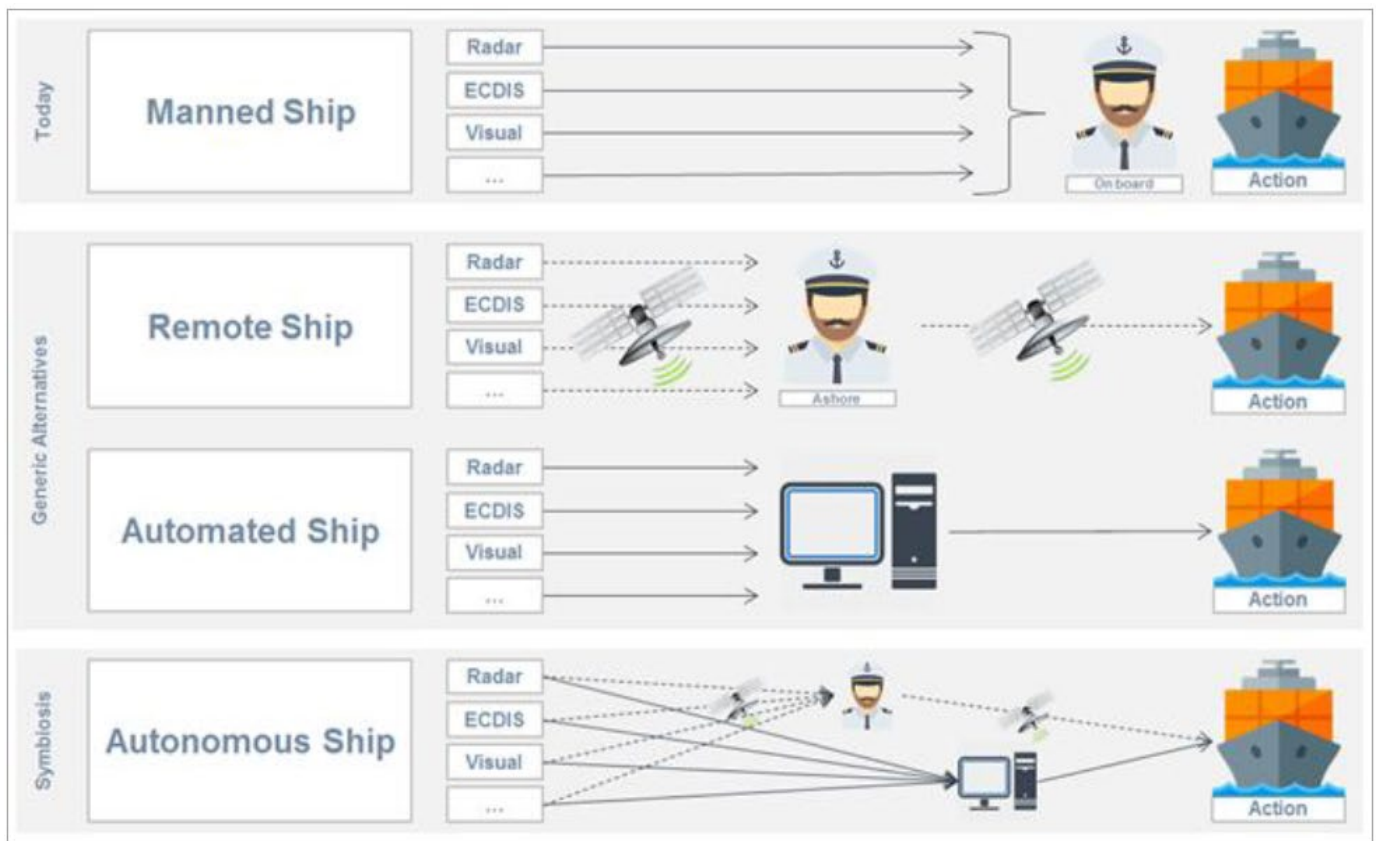
Φτάνοντας στο σήμερα λοιπόν, όσο αφορά τα νέα συστήματα, βλέπουμε ήδη εξελίξεις σε ειδικά επιφανειακά σκάφη, π.χ. επιβατηγά πλοία μικρών αποστάσεων, μη επανδρωμένα ερευνητικά σκάφη και στρατιωτικές εφαρμογές, τα οποία θα προσθέσουν επίσης την εμπειρία και τις τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των αυτόνομων πλοίων (Ørnulf Jan Rødseth & Håvard Nordahl, 2017).



Εικόνα 9 – Η τεχνολογία των αυτόνομων πλοίων σήμερα (Hans-Christoph Burmeister, Wilko Bruhn, Ørnulf Jan Rødseth, Thomas Porathe, 2014)

1.3.3 Η εξέλιξη των ναυτικών κινητήρων (MAN ES)

Η ναυτιλιακή βιομηχανία τα τελευταία χρόνια έχει τοποθετηθεί στο στόχαστρο των κλάδων οι οποίοι πρέπει να επιβάλλουν ριζικές αλλαγές. Ως το σημαντικότερο μέσο μεταφοράς εμπορευμάτων, οι αλλαγές που κλήθηκαν να πραγματοποιηθούν στα καύσιμα εν όψει 2020, προμηνύει ανάλογες διατάξεις και στο κομμάτι της λειτουργίας του. Η τάση είναι να αφήσουμε τα επανδρωμένα πλοία και να ανοίγει ο δρόμος για μη επανδρωμένα σκάφη, τα οποία απαιτούν τεράστιο βαθμό αυτοματισμού, σχετικό παράδειγμα αποτελεί η παρακάτω εικόνα. Συνεπώς, οι εξελίξεις αυτές θα ορίσουν μία νέα εποχή δημιουργώντας νέα πρότυπα σχετικά με τις οργανωτικές δομές, τους τομείς ευθύνης καθώς και τις απαιτήσεις λειτουργίας και συντήρησης που θα οι αυτόνομοι ναυτικοί κινητήρες.



Εικόνα 10 – Απεικόνιση του αυτοματισμού των συστημάτων (MAN ES, 2017)

Αρχικά, σε αυτό το σημείο, έχοντας κάνει μια αναλυτική ιστορική αναδρομή, είναι απαραίτητο να αποσαφηνιστούν οι συνήθεις όροι που χρησιμοποιούνται και να οριστούν στο πλαίσιο αυτής της εργασίας. Λέξεις κλειδιά όπως μη επανδρωμένο και αυτόνομο, αρκετά συχνά χρησιμοποιούνται ως συνώνυμα χωρίς όμως να δηλώνουν την ίδια έννοια. Στη βασική τους ιδέα, περιγράφουν διάφορες έννοιες, που αλληλοσυμπληρώνονται καλά και μπορούν να χτιστούν το ένα πάνω στο άλλο, αλλά όχι απαραίτητα.

2 Ψηφιοποίηση και αυτοματοποίηση στη ναυτιλιακή βιομηχανία

Στη συνέχεια αναλύονται οι οδηγοί που συνέβαλαν στην ανάπτυξη της μη επανδρωμένης ναυτιλίας.

2.1 Τεχνολογικοί οδηγοί

Υπάρχουν πολλές τεχνολογίες που εμφανίζονται στη ναυτιλιακή βιομηχανία οι οποίες υποστηρίζουν ή ακόμη και επιτρέπουν αυτήν την τάση προς τα μη επανδρωμένα και αυτόνομα πλοία. Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας, ορισμένες από αυτές τις τεχνολογίες θα παρουσιάσουν δίνοντας έμφαση σε αυτές που σχετίζονται άμεσα με τον ανθρώπινο παράγοντα.

Καθότι η αυτοματοποίηση και η ψηφιοποίηση εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη διαχείριση δεδομένων, οι τεχνολογίες επιλέγονται και αξιοποιούνται από το στάδιο της απόκτησης δεδομένων και των αναλυτικών στοιχείων, καθώς και από τη μετάδοση των δεδομένων μέσω της τεχνολογίας των επικοινωνιών.

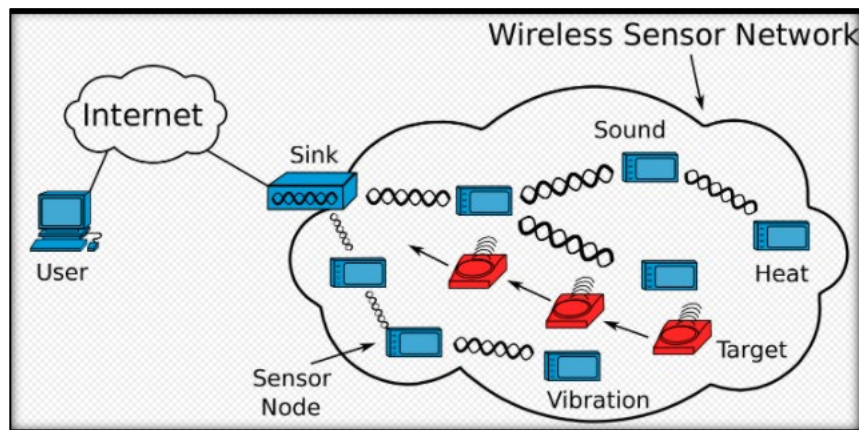
2.1.1 Big Bata Acquisition

Με την ευρεία εμφάνιση του Διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) τεράστιος όγκος δεδομένων που ονομάζεται Big Data, έρχεται και επιτρέπει πληροφορίες για τη ναυτιλιακή βιομηχανία σε κάθε επίπεδο. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε τόσο την ύπαρξη μεμονωμένων στοιχείων, μετρήσεων, ενδείξεων και άλλων μεταβλητών λειτουργίας του μηχανοστασίου, μέχρι και την πλήρη παρουσίαση της συνολικής διαχείρισης του στόλου.

Ως IoT, προσδιορίζουμε μία παγκόσμια υποδομή για την κοινωνία της πληροφορίας η οποία επιτρέπει τη χρήση προηγμένων υπηρεσιών διασυνδέοντας (φυσικά και εικονικά) πράγματα, βασιζόμενη στις υπάρχουσες και εξελισσόμενες δια λειτουργικές τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών (Union, 2012). Με αυτόν τον τρόπο, οι αναλογικές λύσεις μέτρησης αντικαθίστανται διαδοχικά από την ψηφιακή τεχνολογία και επιτρέπεται για πρώτη φορά μία μέτρηση από το ίδιο το αντικείμενο (Bousonville, 2017).

Ως αποτέλεσμα, τα πλοία μετατρέπονται σε εξελιγμένους κόμβους αισθητήρων, δημιουργώντας ποσότητες δεδομένων μέσω ενεργοποιητών, ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (Σπένδας, 2012) και πρωτόκολλα λογισμικού τα οποία ρέπει να συγκεντρωθούν σε πραγματικό χρόνο, να είναι πλήρως συγχρονισμένα και ασφαλώς να υποδεικνύουν γεωγραφικές συντεταγμένες. Ιδιαίτερη έμφαση θα

δοθεί στα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την συλλογή αυτών των δεδομένων στο χώρο του μηχανοστασίου και κατά πόσο τα ίδια είναι σε θέση να αξιολογούν σωστά το κάθε σήμα που λαμβάνουν ως πληροφορία.



Εικόνα 11 - Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων – Λειτουργία (Bousonville, 2017)

2.1.2 Big Bata Analytics

Για τον χειρισμό όλων των δεδομένων που συλλέγονται, το Big Data Analytics, καθίσταται ως ο πιο άμεσα συνυφασμένος τρόπος διαχείρισης των δια συνδεδεμένων κλάδων. Στον τομέα αυτό της τεχνολογίας, μια ταχέως αναπτυσσόμενη λύση βρίσκει θέση βασιζόμενη στην ιδέα της τεχνητή νοημοσύνης. Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (Artificial Neural Networks - ANNs) έχουν αναδειχθεί και όχι άδικα χαρακτηριστεί, ως μια από τις πιο υποσχόμενες τεχνικές (ΛΑΟΤΡΑ, 2013) δίνοντας εξαιρετικά αποτελέσματα σε μακροσκελείς αναλύσεις real time συνθηκών. Προσομοιώνοντας, το μοντέλο της μη γραμμικής συμπεριφοράς των υψηλά πολύπλοκων συστημάτων, επιτρέπουν την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης των ευφών σεναρίων που πραγματοποιούνται κατά την πλεύση ενός αυτόνομου σκάφους.

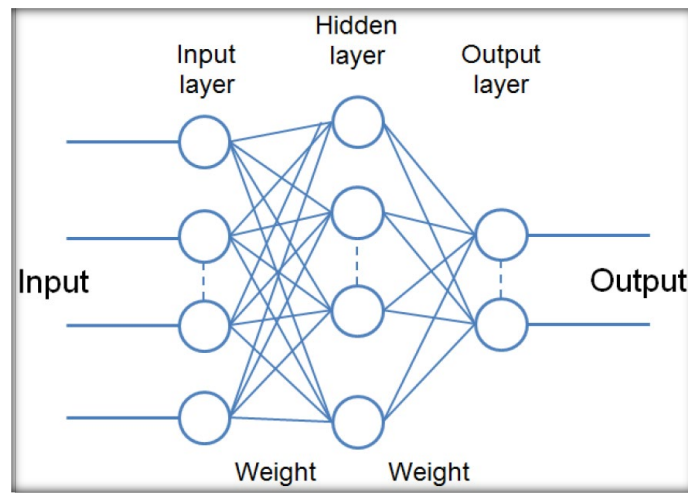
Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα ορίζονται ως ένας μαζικά παράλληλος κατανεμημένος επεξεργαστής ο οποίος αποτελείται από απλές μονάδες επεξεργασίας. Η λειτουργία των μονάδων αυτών είναι να αποθηκεύουν την βιοματική γνώση καθιστώντας την διαθέσιμη ανά πάσα ώρα και στιγμή (ΛΑΟΤΡΑ, 2013).

Το μοντέλο αυτό είναι εμπνευσμένο από τα βιολογικά νευρωνικά δίκτυα τα οποία αντιγράφονται από τις δυο ακόλουθες απόψεις :

- **Knowledge-acquisition:** Το δίκτυο αποκτά γνώση με την μορφή μιας μαθησιακής διαδικασίας από το περιβάλλον

- **Knowledge-storage:** Η αποκτηθείσα γνώση αποθηκεύεται ως μία υπερευρωνική σύνδεση – γνωστή και ως συναπτικό βάρος (Ντότσικας, n.d.)

Στο σχήμα απεικονίζεται μια απλοποιημένη δομή ενός τέτοιου ANN. Οι τεχνητοί νευρώνες που στην εικόνα αυτή αντιπροσωπεύονται από κύκλους, συνήθως συγκεντρώνονται σε διαφορετικά στρώματα – είσοδο, έξοδο και στα κρυφά στρώματα τα οποία υποδεικνύουν αντίστοιχα έναν συγκεκριμένο μετασχηματισμό - οι άκρες αναπαριστούν τις συνδέσεις μεταξύ τους και όλα μαζί (νευρώνες, άκρα) έχουν βάρη τα οποία προσαρμόζονται κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας (βλέπε παρακάτω εικόνα).



Εικόνα 12 - Απλοποιημένη δομή ANN (Ντότσικας, n.d.)

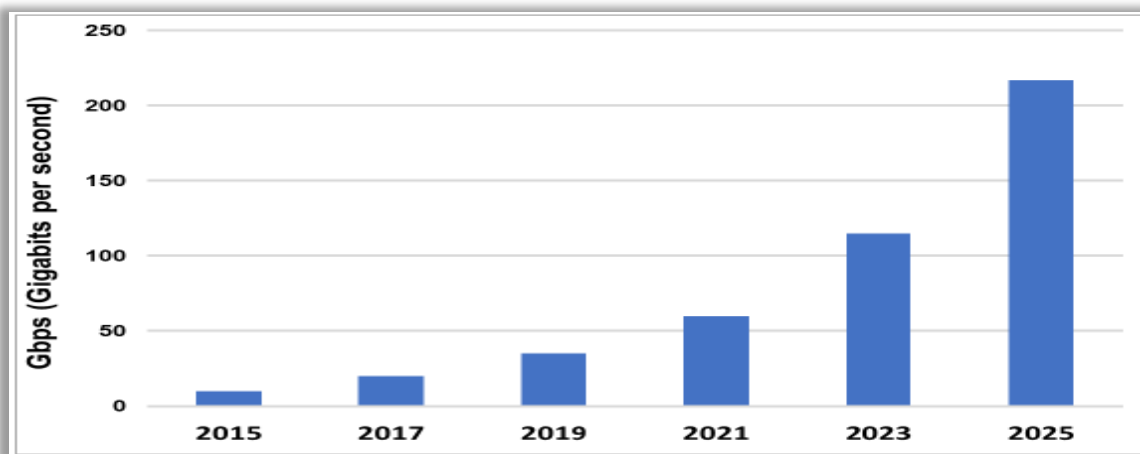
Με αυτόν τον τρόπο τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα εκπαιδεύονται για να συλλέξουν λειτουργικές σχέσεις μεταξύ δεδομένων, να προσδιορίσουν την πιθανή αιτία των προβλημάτων ή ανωμαλιών που θα παρατηρηθούν και τέλος να αποκτήσουν γνώση και εμπειρία κάνοντας ανασκόπηση σε προηγούμενα παραδείγματα.

2.1.3 Η τεχνολογία της επικοινωνίας

Ένας κλάδος όπως αυτός της ναυτιλίας, με παγκόσμιο εύρος λειτουργίας ακόμα και σε απομακρυσμένες περιοχές υπό σκληρές καιρικές συνθήκες, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από μία άρτια αναπτυγμένη επικοινωνιακή υποδομή. Λαμβάνοντας υπόψη τον τεράστιο όγκο των δεδομένων που προκύπτει από την ενισχυμένη ψηφιοποίηση των συστημάτων, το δίκτυο της υποδομής αυτής κάθε άλλο παρά απλό δεν μπορεί να χαρακτηριστεί. Συνεπώς, εισάγονται και αναπτύσσονται διάφορες καινοτομίες στην τεχνολογία.

Στην παράκτια λειτουργία, οι καινοτομίες αυτές είναι τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, τα οποία έχουν δομηθεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να καθίσταται εφικτή η επικοινωνία μεταξύ πλοίων και κέντρων ξηράς, από και προς όλες τις κατευθύνσεις. Το μοντέλο αυτό είναι η θεμελιώδης αρχή του απομακρυσμένου ελέγχου (remote control). Ωστόσο, με την πάροδο των χρόνων, η ανάγκη για βελτίωση της διαθεσιμότητας και του εύρους ζώνης έφερε τις δορυφορικές επικοινωνίες – η πλειοψηφία των σκαφών σήμερα διαθέτει ανάλογους μηχανισμούς γνωστούς ως VSATs (Very Small Aperture Terminals).

Στην ελληνική γλώσσα δεν υπάρχει αντιστοίχιση του όρου αυτού. Το VSAT (MarLink, 2000) αναφέρεται σε τερματικούς ακροδέκτες οι οποίοι είναι σε θέση να μεταδίδουν ευρυζωνικά δεδομένα καθώς και δεδομένα στενής ζώνης. Ξεκινώντας από το 2008, η καταγραφή τέτοιων συστημάτων αριθμούσε 6.000 θαλάσσιες εγκαταστάσεις, το 2018 ξεπέρασε το σύνολο των 40.000 μονάδων και φτάνοντας στο 2021, τα περισσότερα πλοία διαθέτουν πλέον τέτοια ευρυζωνική δυνατότητα. Ανάλογη βελτίωση απόδοσης υπάρχει και στην ταχύτητα – όγκο δεδομένων που μπορούν να μεταφέρουν αυτές οι σύνθετες τεχνολογίες. Χαρακτηριστικά, στο παρακάτω διάγραμμα διακρίνεται μία εκθετική αύξηση, μεταξύ 2011 και 2016 από τα 2.4 Gbps στα 12 Gbps και συνεχίζοντας αυτό το αισιόδοξο μοντέλο θα φτάσουμε στο 2025 που θα γίνεται λόγος για χωρητικότητα ανάλογης των 217 Gbps (Pelsor, 2018).



Εικόνα 7 - Προβλεπόμενη χωρητικότητα θαλάσσιου δικτύου VSAT (Pelsor, 2018)

2.2 Μη τεχνικοί οδηγοί

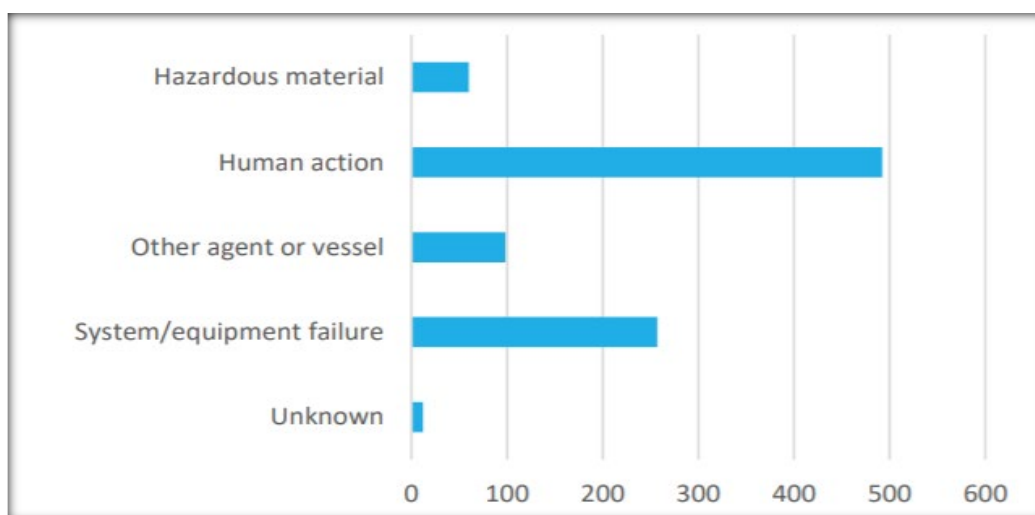
Εκτός από τις επερχόμενες τεχνολογίες που οδηγούν σε αλλαγές και ευκαιρίες στη ναυτιλιακή βιομηχανία, υπάρχουν επίσης και μη τεχνικοί οδηγοί που κάνουν τους ενδιαφερόμενους να σκεφτούν έννοιες μη επανδρωμένων και πιο αυτοματοποιημένων πλοίων για το μέλλον. Τις σκέψεις αυτές εντείνουν τα όποια άμεσα ή έμμεσα οικονομικά κίνητρα και νομισματικά οφέλη μπορεί να προκύψουν.

2.2.1 Ασφάλεια

Ένα μεγάλο ζήτημα στη ναυτιλιακή βιομηχανία είναι το θέμα της ασφάλειας. Αφενός από τη μία πλευρά έρχεται στο επίκεντρο το θέμα της πλοήγησης και αφετέρου, από την άλλη υπάρχει η επιχειρησιακή ασφάλεια, τόσο στο προσωπικό όσο και στην ίδια την αξιοπιστία των μηχανημάτων. Σε όλες τις περιπτώσεις, το ανθρώπινο στοιχείο τοποθετείται πιο ψηλά και γύρω από αυτό αναπτύσσονται οι όποιες εξελίξεις αναφέραμε και θα αναφέρουμε στην πορεία της εργασίας.

2.2.1.1 Πλοήγηση

Όπως ήδη αναφέρθηκε στην εισαγωγή αυτής της ενότητας, ένα μεγάλο μέρος των ατυχημάτων ναυτιλία μπορεί να αποδοθεί στα ανθρώπινα λάθη. Την τοποθέτησή αυτή έρχεται να επιβεβαιώσει και το σχήμα που ακολουθεί, το οποίο δείχνει την κατανομή των τυχαίων συμβάντων στη ναυτιλία. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό για την Ασφάλεια στη Θάλασσα, από συνολικά 919 αναλυόμενα συμβάντα μεταξύ 2014 και 2019, περισσότερα από 492 (53.6%) - μπορούν να αποδοθούν σε ανθρώπινη εσφαλμένη δράση και ένα ποσοστό της τάξεως του 28% σε αποτυχία συστήματος/εξοπλισμού (EMSA - Agency, 2020).



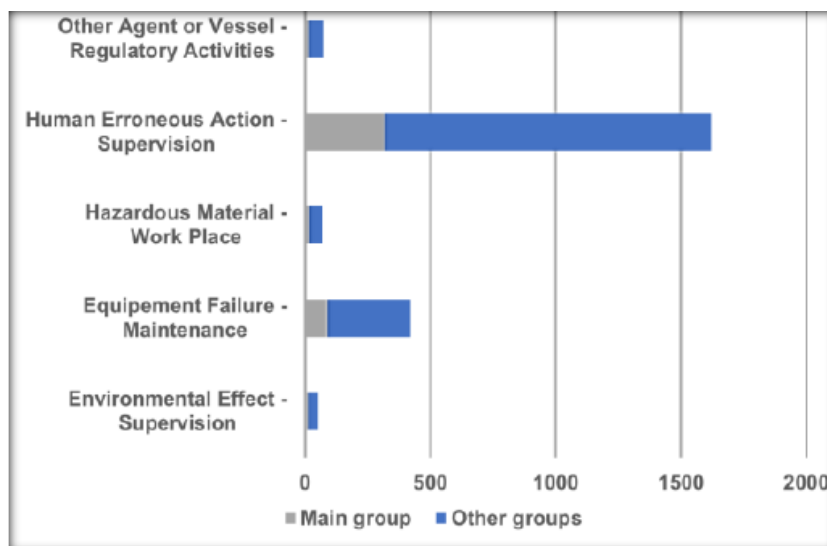
Εικόνα 8 Κατανομή ατυχημάτων - (EMSA - Agency, 2020)

Accident Events Type	Number of Accident Events
Hazardous Material	60
Human Action	492
Other Agent or Vessel	98
System/Equipment Failure	257
Unknown	12
Total Accident Events	919

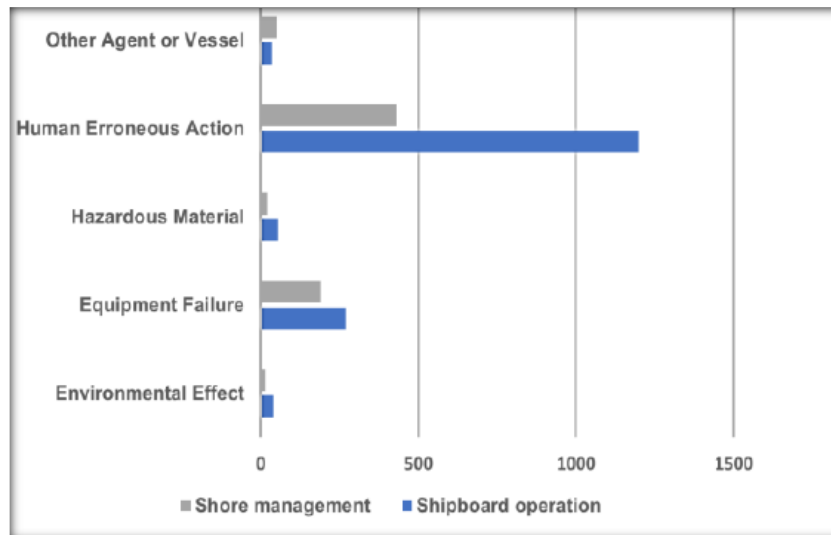
Πίνακας 2 - Σύνολο ατυχημάτων (EMSA - Agency, 2020)

Ως ανθρώπινα λάθη χαρακτηρίζονται οι ενέργειες όπου από εσφαλμένη κρίση έως άγνοια, από ανοησία έως αναταραχή και εργασιακό άγχος, οδηγούν σε λάθος απόφαση του χειριστή με αποτέλεσμα την καταγραφή ατυχήματος (Bertram, 15-17 May 2017).

Αυτοί οι αναφερόμενοι κίνδυνοι καταστάσεων άγχους για τα πληρώματα αυξήθηκαν ακόμα περισσότερο τα τελευταία χρόνια καθώς το προσωπικό δήλωνε λιγότερο εξειδικευμένο και ανεπαρκές εκπαιδευμένο. Το παρακάτω παρέχει λεπτομέρειες και δείχνει τον παράγοντα που συνέβαλε περισσότερο για τυχαία συμβάντα ανά κατηγορία, σχήμα (α) (EMSA - Agency, 2020). Στην περίπτωση της ανθρώπινης λανθασμένης δράσης (human erroneous action) για παράδειγμα, οι ελλείψεις στην εποπτεία αναφέρθηκαν ως ο πιο σημαντικός παράγοντας λάθους. Επιπλέον, η εικόνα δίνει μια επισκόπηση των σφαλμάτων που προκλήθηκαν τόσο εντός, όσο και εκτός της θάλασσας, σχήμα (β) (EMSA - Agency, 2020). Το ποσοστό βλάβης που προκαλείται από την υπεράκτια λειτουργία είναι σχεδόν τριπλάσιο από αυτό της χερσαίας.



Εικόνα 10 - Παράγοντες που οδήγησαν σε ατύχημα (EMSA - Agency, 2020)



Εικόνα 11 - Χερσαία και υπεράκτια διαχείριση (EMSA - Agency, 2020)

Ένα τόσο μεγάλο ποσοστό ανθρωπίνων σφαλμάτων σε αυτές τις στατιστικές οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η αύξηση του αυτοματισμού, των αυτόματων συστημάτων πλοήγησης και της λήψης αποφάσεων από συστήματα βασισμένα στη γνώση, σε συνδυασμό με τη μείωση της επάνδρωσης και της πλήρους υποστήριξης από τη στεριά, μπορεί να βελτιώσει σημαντικά αυτήν την κατάσταση (Bertram, 15-17 May 2017). Αυτός είναι άλλωστε και ένας από τους αρχικούς λόγους για τους οποίους έχουν επενδυθεί αρκετά χρήματα στον τομέα της αυτοματοποίησης της ναυτιλίας, με πλήθος πιλοτικών προγραμμάτων, τα οποία μελετούν και αξιολογούν μη επανδρωμένα, τηλεκατευθυνόμενα πλοία με παρουσία ανάλογων συστημάτων υποστήριξης.

2.2.1.2 Λειτουργικά

Η υψηλή λειτουργική ασφάλεια και αξιοπιστία είναι μια άλλη σημαντική πτυχή της ναυτιλίας εξαιτίας του υψηλού κινδύνου που έγκειται σε περίπτωση βλάβης. Για το λόγο αυτό από την πρώτη στιγμή της ναυπήγησης ενός σκάφους οι προδιαγραφές τόσο για τα μηχανήματα που εγκαθίστανται όσο και για όλο το "καλούπι" του πλοίου, είναι άκρως υψηλές και απαιτητικές. Ο εξοπλισμός, τα μηχανήματα και τα επιμέρους εξαρτήματα είναι στιβαρά με πλεονάζουσες λειτουργίες, έτσι ώστε να παρέχουν εφεδρική κάλυψη (redundancy) σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

Παρ' όλα αυτά, τα ατυχήματα εξαιτίας "αναξιόπιστου εξοπλισμού" είναι ο δεύτερος κοινός λόγος με βάση όσα παρουσιάστηκαν στους προηγούμενους πίνακες (βλέπε πίνακα 4) και ευθύνεται για περίπου το 28% αυτών των καταγραφών. Ως εκ τούτου, η εσφαλμένη εκτέλεση

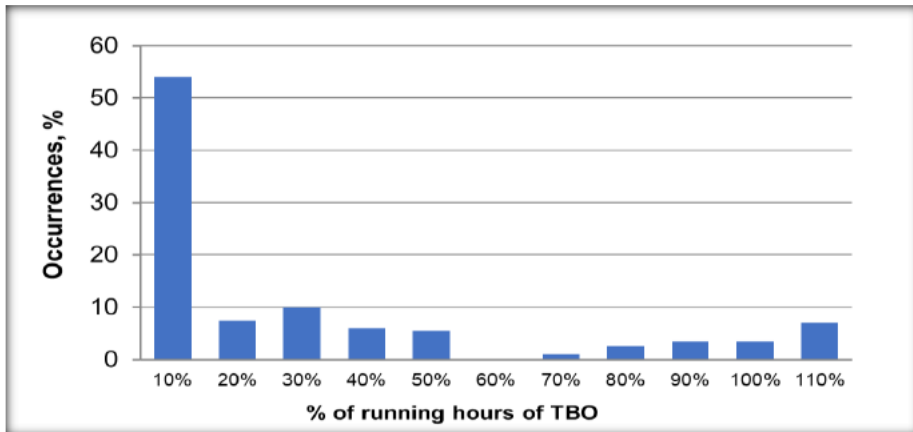
συντήρησης, ως συντελεστής, καλείται υπεύθυνη για το ένα τέταρτο των τυχαίων συμβάντων που περιγράφονται ως αστοχία εξοπλισμού (πίνακας 5 - Χερσαία και υπεράκτια διαχείριση).

Λαμβάνοντας υπόψη το ιστορικό συντήρησης καθώς και την έλλειψη του εξοπλισμού που απαιτείται έτσι ώστε το πλοίο να είναι αξιόπλοο, εύκολα γίνεται αντιληπτό ο λόγος ύπαρξης των νηογνωμόνων και οι απαιτήσεις του ως προς την διαχείριση του εξοπλισμού που θεσπίζουν αναγκαίο για ένα ασφαλές ταξίδι. Σαφώς όμως, με μία πιο προσεκτική ματιά στο θέμα αποκαλύπτεται πως ο πιο συνηθισμένος λόγος για αστοχίας ακόμα και μετά την υποχρεωτική συνδρομή σε κάποια κλάση – είναι η λανθασμένη συντήρηση και συνήθως αργοπορημένη (σε σχέση με αυτήν που προτείνει ο κατασκευαστής) η οποία προκαλείται κυρίως από ανάκανα και ανεπαρκή εκπαιδευμένα πληρώματα στο πλοίο, σύμφωνα με το Swedish Club Report, τεύχος 2019 (Anon., 2019).

Αυτή η έκθεση ανέλυσε περίπου 1.400 περιπτώσεις αξιώσεων μηχανημάτων - υπό την προϋπόθεση ότι η ζημιά υπερέβαινε το εκπεστέο ποσό (μέσος όρος 105.000 USD) - και δίνει μια ολοκληρωτική εικόνα των παραγόντων που οδήγησαν σε δυσλειτουργίες τόσο σε βοηθητικούς, όσο και στους κύριους κινητήρες πρόωσης.

Οι λόγοι κυμαίνονται από διάφορες αστοχίες συναρμολόγησης έως λιγότερο κοινά προβλήματα όπως η μόλυνση του λιπαντικού λαδιού με νερό, αιθάλη ή άλλες βρωμιές κατά τη διαδικασία της συντήρησης. Οι συχνές διαδικασίες εσφαλμένης συντήρησης είναι για παράδειγμα η εγκατάσταση λανθασμένων εξαρτημάτων, η λανθασμένη συναρμολόγηση των εξαρτημάτων αυτών όπως ράβδοι σύνδεσης, ρουλεμάν και έμβολα, η λανθασμένη προσέγγιση της επισκευής ή ακόμα και η μη τήρηση των προτάσεων του κατασκευαστή σχετικά με το τι πρέπει να αντικατασταθεί/επισκευαστεί και τι όχι.

Μια άλλη απόδειξη για τη σχέση μεταξύ αστοχιών και δραστηριοτήτων συντήρησης δίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα στο οποίο η εμφάνιση των προβλημάτων σχετίζεται άρρηκτα με τον χρόνο μεταξύ γενικής επισκευής (TBO) των κινητήρων, τον οποίο προτείνουν και εδώ οι κατασκευαστές της μηχανής του πλοίου.



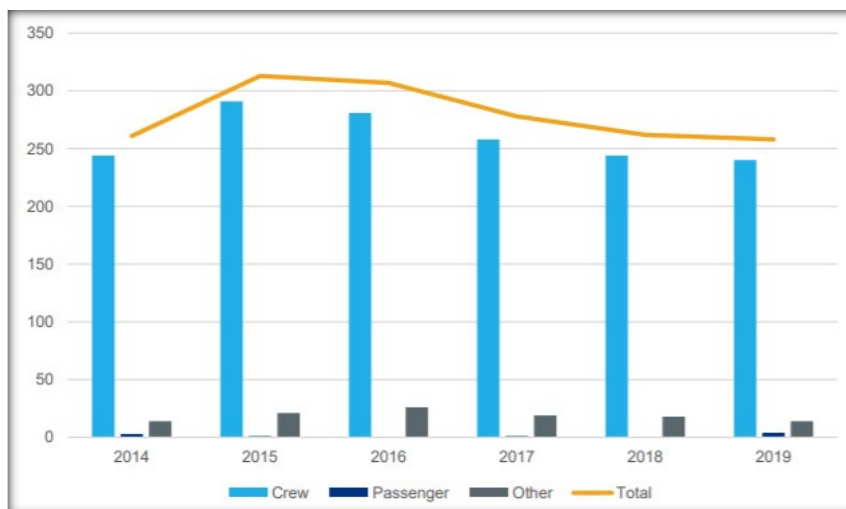
Εικόνα 12 - Ποσοστό ατυχημάτων σε σχέση με το TBO του κατασκευαστή (EMSA - Agency, 2020)

Το TBO ενός βοηθητικού κινητήρα, για παράδειγμα, κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 12.000-16.000 ωρών λειτουργίας (ES, 1984). Είναι αξιοσημείωτο ότι η πλειοψηφία των ατυχημάτων (~ 55%) πραγματοποιείται κατά το 10% του TBO, που αντιστοιχεί στις πρώτες ώρες λειτουργίας του πλοίου μετά από την επισκευή συντήρησης στην οποία υπεβλήθη. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η ζημιά εμφανίζεται ελάχιστε λίγες ώρες μετά την εκκίνηση. Για αυτό μερικές φορές η μείωση του κόστους λόγω φθηνότερων και λιγότερο εκπαιδευμένων τεχνικών, καταναλώνεται από το υψηλό κόστος παρακολούθησης που προκύπτει από την ανεπαρκή συντήρηση και τις αναθεωρήσεις που γίνονται.

Για την αποφυγή τέτοιων καταστάσεων και παράλληλα την εξοικονόμηση κόστους εξαιτίας μια πιθανής βλάβης, συνήθως οι περισσότεροι φορείς και αρχές της ναυτιλίας προτείνουν οι εργασίες αυτές να γίνονται είτε από τον κατασκευαστή είτε από εξουσιοδοτημένο προσωπικό, συνεργεία. Ως κανόνας της ζωής λοιπόν, "κάνε κάτι σωστά ή μην το κάνεις καθόλου" (Sutton, 2010). Με αυτόν τον τρόπο, διασφαλίζεται η σωστή διαδικασία εκτέλεσης των οδηγιών για OEM (Original Equipment Manufacturer), προϊόντα και υπηρεσίες, εκτελούμενες με κατάλληλα και σωστά βαθμονομημένα εργαλεία από άτομα που εκπαιδεύονται συχνά και έχουν την εμπειρία διεκπεραίωσης τέτοιων επισκευών.

2.2.1.3 Σχετικά με το πλήρωμα

Μια άλλη σημαντική πτυχή στη ναυτιλία είναι η ασφάλεια των πληρωμάτων του πλοίου. Το διάγραμμα 3 απεικονίζει τον αριθμό των τραυματιών σε θύματα μεταξύ 2014 και 2019. Σε αυτή τη χρονική περίοδο, από τα συνολικά 16.539 καταγεγραμμένα γεγονότα, τα 4.930 ήταν ατυχήματα που προκάλεσαν τον τραυματισμό 1.558 μελών πληρώματος (92,7% του συνολικού αριθμού των τραυματιών, πίνακας 6).



Εικόνα 13 – Αριθμός θυμάτων μεταξύ 2014 και 2019 (EMSA - Agency, 2020)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
Crew	244	291	281	258	244	240	1558
Passenger	3	1	0	1	0	4	9
Other	14	21	26	19	18	14	112
Total	261	313	307	278	262	258	1679

Πίνακας 4 - Από το 2015 και μετά ο συνολικός αριθμός των τραυματιών σταδιακά μειώνεται. Τα μέλη του πληρώματος τοποθετούνται στο 92,7% του συνολικού πληθυσμού (EMSA - Agency, 2020)

Η κατηγορία που επηρεάζεται συχνότερα είναι το πλήρωμα με 1.558 τραυματίες στη θάλασσα κατά την περίοδο 2014-2019. Προφανώς, η μείωση του αριθμού του προσωπικού, που απαιτείται σε μόνιμη βάση επί του σκάφους με την τεχνολογία της αυτοματοποίησης & ψηφιοποίησης των συστημάτων θα οδηγήσει σε αρκετά χαμηλότερα μεγέθη.

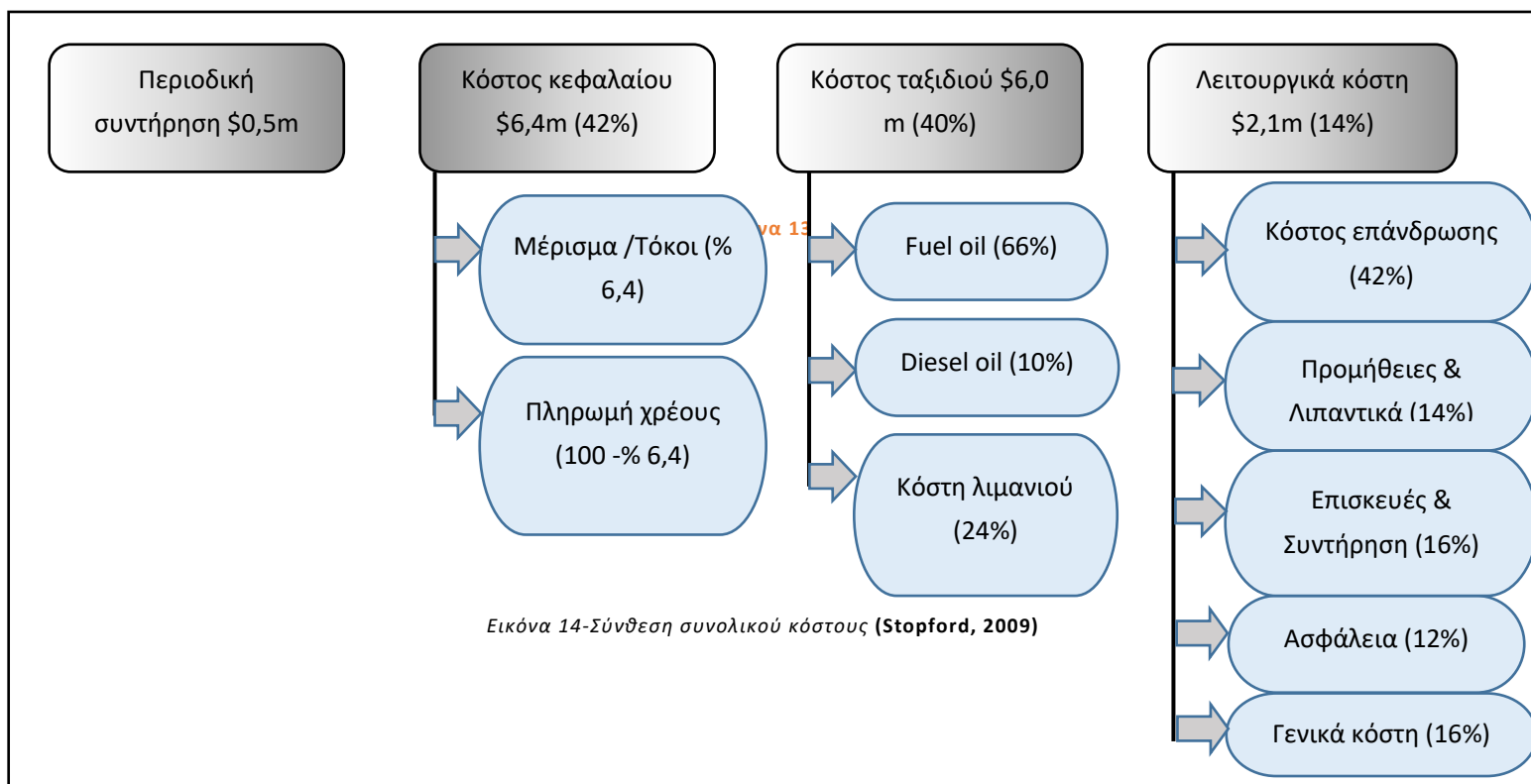
2.2.2 Μείωση κόστους

Εκτός από την επίτευξη υψηλών επιπέδων ασφάλειας, οι εταιρείες στη ναυτιλιακή βιομηχανία προσπαθούσαν πάντα για το χαμηλότερο δυνατό κόστος, τόσο στη λειτουργία όσο και στη συντήρηση των πλοίων. Ο λόγος είναι πως τα λειτουργικά κόστη του σκάφους σε σύγκριση με το συνολικό του κόστος απόκτησης (τιμή αγοράς) και τον κύκλο των εργασιών του είναι κατά πολύ πιο υψηλά.

Εξαιτίας της αυξανόμενης ανταγωνιστικής πίεσης στην αγορά, αυτή η ζήτηση έχει αυξηθεί σταθερά τα τελευταία χρόνια. Συνεπώς, πολλοί OEMs – κατασκευαστές - προσπαθούν να δώσουν περαιτέρω εξοικονόμηση κόστους στους πελάτες τους, π.χ πλοιοκτήτες και χειριστές, κατασκευάζοντας έτσι συστήματα με μεγαλύτερο ποσοστό αυτοματισμού και ψηφιοποίησης.

Στην ενότητα αυτή, θα μελετηθεί η σύνθεση του κόστους των πλοίων έτσι ώστε να θεωρούνται αξιόπλοα και ασφαλή, ξεκινώντας από μη σταθερές μεταβλητές και κυμαινόμενες τιμές, όπως για παράδειγμα τα καύσιμα. Είναι ευρέως γνωστό πως στην ναυτιλιακή βιομηχανία δεν υπάρχει ταξινόμηση κόστους που να είναι διεθνώς αποδεκτή και να χρησιμοποιείται. Συνεπώς για την ανάλυση θα αναφερθούμε σε στιγμιότυπα λαμβάνοντας ως δεδομένο τις προσαρτημένες συνθήκες περιβάλλοντος και το μοντέλο που βασίζεται στο έργο του Stopford και στο βιβλίο του Maritime Economics το 2009 (Stopford, 2009).

Δεδομένου ότι οι συνθέσεις κόστους ποικίλλουν σημαντικά ανάλογα με τον τύπο, το μέγεθος και την ηλικία του σκάφους, εδώ θα θεωρήσουμε ένα φορτηγό πλοίο (Anon., 2016) μεγέθους capsized χύδην φορτίου (Anon., 2007) με ηλικία τα δέκα έτη. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει το συνολικό κόστος το οποίο αποτελείται από τέσσερις κύριες κατηγορίες, το κόστος για περιοδική συντήρηση, το κόστος κεφαλαίου, το κόστος ταξιδιού και τα λειτουργικά έξοδα του σκάφους. Τα δύο πρώτα δεν εμπίπτουν άμεσα στην σφαίρα επιρροής ή ενδιαφέροντος αυτού του έργου, συνεπώς δεν θα αναλυθούν περαιτέρω.



Σύμφωνα με αυτήν την ταξινόμηση δαπανών, το κόστος του ταξιδιού αντιστοιχεί στο 40% του συνολικού κόστους · είναι μεταβλητό και ως επί το πλείστο διαμορφώνεται ανάλογα με τη διάρκεια και τις συνθήκες που θα επικρατήσουν κατά το ταξίδι του πλοίου. Σε αυτό το τμήμα κόστους, το μερίδιο του καυσίμου είναι το πιο ισχυρό με ποσοστό ακόμα και τα 2/3 του συνολικού εξόδου. Δικαιολογημένα λοιπόν οι προσπάθειες για βελτιστοποίηση της λειτουργίας των κινητήρων έτσι ώστε να σημειώνεται και μικρότερη κατανάλωση έχουν οδηγήσει αύξηση της αποδοτικότητάς τους. Αυτόματα και πλήρως ανεξάρτητα συστήματα έγχυσης και ψεκασμού του καυσίμου τοποθετούνται σε όλο και νεότευκτα σκάφη με τους κατασκευαστές των ναυτικών κινητήρων να αναζητούν μια συνεχή παρακολούθηση των παραμέτρων λειτουργίας για τον εντοπισμό δυνατοτήτων βελτιστοποίησης στα πρότυπα του πλήρη αυτοματισμού.

Τα λειτουργικά έξοδα, «που αποτελούν τα έξοδα που συνεπάγεται η καθημερινή λειτουργία του πλοίου (Murphy, 2020)», ανέρχονται στο 14% του συνολικού κόστους και χωρίζονται στα, κόστος επάνδρωσης, γενικά κόστη, κόστος προμηθειών και λιπαντικών, επισκευές & συντήρηση καθώς και ασφάλιση του σκάφους. Καθορίζονται κυρίως από τα έξοδα των πληρωμάτων (42%) που είναι « μία συνάρτηση του μεγέθους του πληρώματος, της υπηκοότητας του πληρώματος, των όρων και προϋποθέσεων απασχόλησης, και σε κάποιο βαθμό της εμπορικής φύσης του πλοίου (Gardiner, 17 November 2015)». Μέσα από την ανάπτυξη της τεχνολογίας και της εγκαθίδρυσης του μη επανδρωμένου μηχανοστασίου, αυτά τα κόστη θα περιοριστούν σε σημαντικό βαθμό φτάνοντας ακόμα και το απόλυτο μηδέν. Δεν είναι τυχαίο λοιπόν πως οι ορίζοντες για τα επόμενα χρόνια έχουν τεθεί έτσι ώστε να υπάρχει από ελάχιστο έως και καθόλου ανθρώπινο δυναμικό πάνω στο πλοίο κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού. Τα μη επανδρωμένα πλοία αποτελούν πρόκληση καθώς το payback time είναι σχετικά χαμηλό με τα πάγια και μη διαπραγματεύσιμα έξοδα που έχει ένα σκάφος.

Αυτή η σύνθεση κόστους από το 2005 επαληθεύεται σε μεγάλο βαθμό από τα δεδομένα για τα στοιχεία κόστους των λειτουργικών δαπανών στην πιο πρόσφατη έκθεση Drewry το 2016 (Anon., 2016). Αξίζει να σημειωθεί ότι η έκθεση Drewry, επιπλέον, αναλύει πιο λεπτομερώς και εμπειριστατωμένα το κόστος για τα στοιχεία ενός μαζικού κόστους. Με αυτόν τον τρόπο εντοπίζονται περαιτέρω πιθανές εξοικονομήσεις οι οποίες προκύπτουν από το πλαίσιο της μη επανδρωμένης ναυτιλίας.

Ένα από αυτά είναι η κατηγορία "αποθήκευση και λιπαντικά" που καταχωρείται επίσης στο γενικό κόστος που σχετίζεται με το πλήρωμα. Αυτή η υποδομή δεν περιλαμβάνει μόνο καμπίνες και κοινόχρηστα δωμάτια, αλλά και συστήματα επεξεργασίας πόσιμου νερού και παροχή καθαρού αέρα. Ωστόσο, εάν οι άνθρωποι δεν είναι πλέον μόνιμα επί του σκάφους, αυτός ο χώρος μπορεί να εξοικονομηθεί και να παρέχεται για περισσότερη χωρητικότητα του πραγματικό φορτίου του πλοίου.

Δεδομένου ότι ένα στα μη επανδρωμένα σκάφη πλέον δεν απαιτείται η μόνιμη και πλήρη παρακολούθηση/ παραμονή, ενός ή παραπάνω μελών πληρώματος από τη γέφυρα, προτείνονται νέα μοντέλα και σχέδια για βελτιστοποιημένα πλοία πλήρως ελεγχόμενα από αυτόνομα συστήματα,

ανάλογες προτάσεις έχουν γίνει από την Rolls-Royce, έναν κορυφαίο προμηθευτή θαλάσσιων εξαρτημάτων και λύσεων (Levander O., 2018).

2.2.3 Έλλειψη ειδικευμένου προσωπικού

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενες ενότητες, στη συζήτηση του λειτουργικού κόστους το κόστος της επάνδρωσης είναι ένα μεγάλο κεφάλαιο. Τα τελευταία χρόνια εξαιτίας του μικρότερης προσφοράς οι μισθοί των ναυτικών έχουν αυξηθεί και σε περιπτώσεις συγκεκριμένης υπηκοότητας η μισθολογική ψαλίδα ανοίγει περισσότερο.

Ένας λόγος για αυτό το φαινόμενο είναι το γεγονός ότι η ταχεία ανάπτυξη του παγκόσμιου στόλου οδήγησε σε έλλειψη προσωπικού τα τελευταία χρόνια. Με αυτόν τον τρόπο, θέσεις όπως αυτές του officer & του chief λόγω της πολυετούς εμπειρίας που απαιτούν σημειώνουν ελλείψεις και για ορισμένες περιπτώσεις πιο εξειδικευμένων τύπων πλοίου, π.χ. το LNG είναι ακόμα πιο δύσκολο.

Πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη ότι όταν ένας ναυτικός εγκαταλείπει ένα σκάφος (σε αντίθεση με το θαλάσσιο προσωπικό που εργάζεται στην ξηρά), αυτή η θέση πρέπει να αντικατασταθεί αμέσως – δεν υπάρχει μεσοδιάστημα αναμονής ή πολυτέλεια οικονομικότερης επάνδρωσης.

Εκτός από την αύξηση του απαιτούμενου ειδικευμένου προσωπικού, τα χαρακτηριστικά του ίδιου του επαγγέλματος εμφανίζονται ως πρόβλημα. Όλο και λιγότεροι αξιωματικοί επιθυμούν να ταξιδεύουν για μήνες, κλεισμένοι και περιορισμένοι σε ένα σκάφος, χωρισμένοι από την οικογένεια του και μακριά από το σπίτι τους. Συνεπώς, λαμβάνοντας ως δεδομένο την κρισιμότητα της σωστής και υγιούς επάνδρωσης, η μη επανδρωμένη ναυτιλία θα επιφέρει σημαντικές αλλαγές στη διαχείριση αυτού του προβλήματος, με μετατόπιση αρμοδιοτήτων προς τα κέντρα εκμετάλλευσης στην ξηρά και με μηχανήματα που μπορούν να υποστηρίξουν πλήρως την τελείως αυτόνομη λειτουργία και την λήψη αποφάσεων κατά τη διαδικασία της πλεύσης.

3. Marof Ashore Senario

Το project Marof Ashore αφορά μια μελέτη για απομακρυσμένα ελεγχόμενα μηχανοστάσια, ή πιο συγκεκριμένα περιγράφεται ως η προσπάθεια αντικατάστασης του αξιωματικού ναυτιλίας από το μηχανοστάσιο στην ακτή. Μέσα από την εργασία αυτή, στόχος είναι να αναλυθούν οι τεχνικές τροποποιήσεις που τέθηκαν σε λειτουργία, καθώς και από οργανωτικής δομής, ποιες ήταν οι προκλήσεις που προέκυψαν πριν φτάσουμε στην λειτουργία του και την πλήρη επιτήρησή του από τη

στεριά. Σήμερα το μη επιτηρημένο μηχανοστάσιο, δηλαδή ένα μηχανοστάσιο που λειτουργεί και ελέγχεται από κεντρικό θάλαμο ελέγχου ή από τη γέφυρα, είναι συνηθισμένο. Σε υπεράκτιες πλατφόρμες και σε αγκυροβολημένα πλοία, ο έλεγχος και η συνεχής παρακολούθηση της λειτουργίας του σκάφους γίνεται από ένα τεχνικό κέντρο εγκατεστημένο την ξηρά. Στα μη επανδρωμένα μηχανοστάσια των αυτόνομων πλοίων τα συστήματα λειτουργίας θα είναι ανεπιτήρητα και πλήρως αυτόνομα μηχανήματα, τα οποία θα λειτουργούν εντελώς ανεξάρτητα από την ανθρώπινη παρέμβαση.

Στις ενότητες που θα ακολουθήσουν θα παρουσιαστούν οι βασικές δομές της έρευνας αυτής καθώς και πως επιτεύχθηκε η αξιοπιστία τους. Συγκεκριμένα θα αναλυθούν οι συνιστώσες της τεχνικής υποδομής, το στοιχείο της ασφάλειας, το οργανωτικό μέρος, οι διαδικασίες & ο συντονισμός τους και τέλος το εργατικό δυναμικό από τη σκοπιά της κοινωνικής σημασίας.

3.1 Το μηχανοστάσιο

Σε όλα τα σκάφη του εμπορικού στόλου το μηχανοστάσιο αποτελεί τον βασικότερο σταθμό λειτουργίας του. Σχεδόν κάθε μηχανοστάσιο είναι κατά κάποιο τρόπο διαφορετικό από όλα τα άλλα. Ακόμα και σε αδερφά σκάφη συχνά εντοπίζονται διαφορές στο μηχανοστάσιο. Η απαιτούμενη διαμόρφωση πρέπει να καλύπτει όλα τα μηχανοστάσια του εμπορικού στόλου και παράλληλα να τα καθιστά πλήρως ασφαλή τόσο κατά την πλεύση του караβιού, όσο και όταν αυτά βρίσκονται σε πλήρη ακινησία. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό να περιγράψουμε ένα σύστημα ενός παλιού δίχρονου κινητήρα, καθώς και ένα ολοκαίνουργιο ηλεκτρικό σύστημα ντίτζελ τελευταίας τεχνολογίας.

Η λέξη κλειδί για ένα μηχανοστάσιο απομακρυσμένου ελέγχου είναι ο πλεονασμός (redundancy). Για να ταξιδέψει με ένα αξιόπιστο μηχανοστάσιο, το πλήρωμα πρέπει να βασίζεται στη ομαλή και συνεχή λειτουργία του, ακόμα και όταν ο εξοπλισμός αποτύχει. Υπό συνθήκες δυσλειτουργίας και σε απρόβλεπτες καταστάσεις το πλοίο πρέπει να είναι σε θέση να φτάσει στον επόμενο λιμένα προσέγγισης χωρίς μεγάλες δυσκολίες και με όσο το δυνατόν πιο ασφαλή τρόπο.

3.1.1 Αυτοματοποίηση των αισθήσεων (automation of the senses)

Ένας μηχανικός σε ένα μηχανοστάσιο χρησιμοποιεί όλες τις αισθήσεις του. Όταν ο άνθρωπος αυτός τοποθετείται στην ξηρά, οι αισθήσεις του πρέπει να αντικατασταθούν με αισθητήρες. Αυτοί οι αισθητήρες παρέχουν στον χειριστή όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που θα συναντούσε αν ήταν φυσικά επί του σκάφους. Οι ανθρώπινες αισθήσεις, που χρησιμοποιούνται στο μηχανοστάσιο και

- ✓ Όραση (sight) → χρήση καμερών υψηλής νοημοσύνης
- ✓ Ακοή (hearing) → ανάλυση ακουστικών εκπομπών, δονήσεις
- ✓ Όσφρηση (smell) → αέρας, ανίχνευση καπνού, περιεκτικότητα σε λάδι
- ✓ Αφή (touch) → υπέρυθρες
- ✓ Ισορροπία & επιτάχυνση (balance & acceleration) → αισθητήρες κίνησης πλοίου, επιταχυνσιόμετρα
- ✓ Όραση (sight) → χρήση καμερών υψηλής νοημοσύνης

Εικόνα 15 - Ανθρώπινες Αισθήσεις (Martijn Lucas & Martijn van Zon, 20212)

μπορούν να “αντικατασταθούν” με μηχανισμούς και αισθητήρες τελευταίας τεχνολογίας παρουσιάζονται ως εξής (Martijn Lucas & Martijn van Zon, 20212).

3.1.2 Πλεονασμός (redundancy)

Για ένα ταξίδι χωρίς την παρουσία τεχνικού προσωπικού, είναι πολύ σημαντικό να υπάρχουν back up συστήματα επί του σκάφους. Στη μηχανική, ο πλεονασμός είναι η επανάληψη κρίσιμων στοιχείων ή λειτουργιών ενός συστήματος με σκοπό την αύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος αυτού. Συνήθως έχουν τη μορφή ενός αντίγραφου back up ή fail-safe συστήματος που κατασκευάζεται με σκοπό είτε να εξασφαλίσει μια συνεχή ροή λειτουργίας, είτε να βελτιώσει την πραγματική απόδοση του συστήματος (Woodyard, 2009).

Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί ως η πανομοιότυπη δημιουργία, αλλιώς, η επανάληψη κρίσιμων εξαρτημάτων ή λειτουργιών ενός συστήματος με σκοπό την αύξηση της αξιοπιστίας του μέσω ενός εφεδρικού συστήματος. Συνεπώς, αρκετά συστήματα συναντώνται σε ‘διπλή μορφή’ και εγκαθιστούνται έτσι ώστε να μπορούν να αναλάβουν τη λειτουργία σε περίπτωση βλάβης. Η διαδοχή αυτή γίνεται αυτόματα χωρίς να πραγματοποιείται διακοπή λειτουργίας.

Στη ναυτιλία, με βάση τις αρχές και τους κανονισμούς που θεσπίζει ο IMO, τα περισσότερα συστήματα είναι ήδη περιττά και η εγκατάστασή τους γίνεται πάντα σε ζεύγη – τα πιο κοινά παραδείγματα τέτοιων συστημάτων είναι οι αντλίες, τα φίλτρα και κατά κύριο λόγο οποιοσδήποτε μηχανισμός σχετίζεται με την πλεύση του σκάφους.

Ένα παράδειγμα για να κατασκευαστεί επιπλέον πλεονασμός είναι η δημιουργία πρόσθετων συνδέσεων μεταξύ των συστημάτων ψύξης του νερού και του συστήματος έρματος ή του συστήματος

της πυρόσβεσης, έτσι ώστε οι αντλίες της πυρκαγιάς ή οι αντλίες του έρματος να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αντλίες νερού ψύξης και παράλληλα ως πυροσβεστικός εξοπλισμός. Με άλλα λόγια, σε μία ναυπηγική κατασκευή με ξεχωριστές αντλίες για κάθε σύστημα, η σωλήνωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιήσει ως αυτόνομο σύστημα εξυπηρετώντας τον δικό του σκοπό, αλλά και τον σκοπό των συστημάτων στα οποία είναι ταυτόχρονα συνδεδεμένο. Όσο για τις εφεδρικές βαλβίδες του συστήματος ψύξης νερού από το σύστημα πυρόσβεσης ή από αυτό του έρματος, το άνοιγμά τους δρομολογείται από το πλήρωμα επί του σκάφους, συνεπώς είναι πλήρως ελεγχόμενες όταν αυτό βρίσκεται σε απόσταση, προγραμματισμός από την ακτή (Woodyard, 2009).

3.1.3 Αυτόνομη διαχείριση (autonomous operation)

Σε περίπτωση αστοχίας σύνδεσης, τα συστήματα του πλοίου πρέπει να είναι σε θέση να συνεχίσουν να λειτουργούν χωρίς την παρέμβαση ενός χειριστή, ακόμη και στο σενάριο της πρόκλησης βλάβης μέσα στο ίδιο το σύστημα. Αυτό μεταφράζεται ως η δυνατότητα λήψης αποφάσεων από τον ίδιο τον μηχανισμό. Στο project Marof Ashore, πραγματοποιήθηκε επίσκεψη στην ENGIE (x-GDF Suez), μια εταιρεία φυσικού αερίου με πολλές πλατφόρμες παραγωγής που λειτουργούν εξ αποστάσεως στη Βόρεια Θάλασσα. Οι πλατφόρμες αυτές ελέγχονται από μια εγκατεστημένη βάση στην ακτή Den-Helder της Ολλανδίας. Όταν μια πλατφόρμα χάσει τη σύνδεση της, αυτόματα όλα αλληλεξαρτώμενα συστήματα ή μη, συνεχίζουν τη λειτουργία τους για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Αν μέσα σε αυτή την περίοδο δεν καταγραφεί ανάκτηση της σύνδεσης, τότε η πλατφόρμα θα κλείσει αυτόματα όλα αυτά τα συστήματα. Το ίδιο αποτέλεσμα υπάρχει και στην περίπτωση της σήμανσης συναγερμού στην πλατφόρμα – ακαριαία διακοπή λειτουργίας όλων των συστημάτων. Για την επαναφορά της λειτουργίας, η αυτόνομη διαχείριση αρχικά προσπαθεί να προκαλέσει εκκίνηση όλων των λειτουργιών της μονάδας από μόνης της, και στην περίπτωση της αποτυχίας (μη διαθεσιμότητα της σύνδεσης), τότε οι ομάδες συντήρησης μεταφέρονται στην πλατφόρμα (Martijn Lucas & Martijn van Zon, 2012).

Πηγαίνοντας ένα βήμα παρακάτω, η τεχνολογία εξελίσσεται καθώς η 100% αυτόνομη λειτουργία αποτελεί βασική προϋπόθεση του αυτοματισμού. Ήτανε αρχές του 2009 όταν υπογράφηκε η σύμπραξη δυο πρωτοπόρων επιχειρήσεων (TNO & Rolls Royce Marine) στο χώρο της ναυτιλίας και η συμμετοχή των Royal Dutch Navy & Royal British Navy, με στόχο της ανάπτυξης ενός συστήματος το οποίο μπορεί να λειτουργεί αυτόνομα με πιο προηγμένο τρόπο (Smit, C.S., Janssen, J.A.A.J., van Bodegraven, K.S., Logtmeijer, R.A., Stanley, J., de Wildt, F.W.J., Annakin, B. & Doherty, G., 15-17 May 2012). Ο σχεδιασμός του βασίστηκε στην ιδέα της απόλυτης αξιοπιστίας όταν ένα ναυτικό σκάφος υποφέρει από ζημιές λόγω μάχης. Το σύστημα ονομάστηκε DINCS, Distributed Intelligent Networked Control Systems, και είναι ένα κατανεμημένο, ευφυή, δικτυωμένο

σύστημα ελέγχου. Το DINCS μπορεί να λαμβάνει αποφάσεις από μόνο του και να αντιδρά σε αλλαγές στα λειτουργικά δεδομένα του συστήματος (Bodegraven, 2010).

Για παράδειγμα έχει την νοημοσύνη να αναγνωρίζει και παράλληλα να τερματίζει ένα κατεστραμμένο κομμάτι του δικτύου, αναζητώντας την ίδια στιγμή μια εναλλακτική διαδρομή για το μέσο του ώστε να εξασφαλίσει τη λειτουργία του. Αυτό το σύστημα λειτουργεί στα πλοία του ναυτικού για την ψύξη του νερού και διερευνάται η περαιτέρω εφαρμογή αυτής της στρατηγικής σε άλλα συστήματα όπως τα ηλεκτρικά δίκτυα. Το DINCS απαρτίζεται από μικρά μέσα τα οποία τοποθετούνται στα εξαρτήματα, γεγονός που σημαίνει ότι τα εξαρτήματα είναι εξοπλισμένα με υλικό υπολογιστή, το οποίο μπορεί να ελέγξει το στοιχείο και να χειρίζεται τα δεδομένα που είναι σημαντικά μόνο για το αυτό – το συγκεκριμένο στοιχείο. Όλα τα μεμονωμένα ευφυή στοιχεία (agents) συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός δικτύου υπολογιστών και ανταλλάσσουν τις πληροφορίες που χρειάζονται. Κατά τον εντοπισμό της διαρροής, τα εξαρτήματα μπορούν να απομονώσουν, κλείσουν, το μέρος όπου εντοπίζεται η διαρροή και να τροφοδοτήσουν το υπόλοιπο σύστημα μέσω εναλλακτικής διαδρομής, δηλαδή άλλων σωληνώσεων, ρυθμιζόμενες από τα έξυπνα εξαρτήματα.



Εικόνα 16 - Επίδειξη DINCS – εξοπλισμός, κατανεμημένα ευφυή δικτυωμένα συστήματα ελέγχου (Bodegraven, 2010)

Η προσέγγιση είναι η δημιουργία έξυπνων εξαρτημάτων, όπως ψύκτες, αντλίες, βαλβίδες, αισθητήρες τα οποία αποδίδουν ευφυή στοιχεία ανθρώπινης λογικής. Λαμβάνοντας ως θεωρία τις ενέργειες που θα ακολουθούσε ο χειριστής στην πραγματική ζωή για την αντιμετώπιση ενός κατεστραμμένου συστήματος, ανεξάρτητα από τη φύση αυτού του συστήματος · (1) απομόνωση του κατεστραμμένου εξαρτήματος από το υπόλοιπο σύστημα για την αποφυγή περαιτέρω ζημιών, (2) εύρεση νέων διαδρομών τροφοδοσίας στους τελικούς χρήστες του συστήματος, έτσι ώστε να γίνει επαναφορά της λειτουργικότητας του συστήματος και (3) ενημέρωση του χρήστη για τις άμεσες ανάγκες – τιμές μονάδων, ψύξη, παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ενέργειες αυτές αντικαθίστανται με

έξυπνους πράκτορες που έχουν αποθηκευμένα αυτά τα επίπεδα ελέγχου και επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ενός κοινού δικτύου ηλεκτρική ενέργεια (Bodegraven, 2010).

3.1.4 Συντήρηση στην ακτή (shore-based maintenance)

Χωρίς την παρουσία του πληρώματος και των αντίστοιχων αξιωματικών του σκάφους, η διαδικασία της συντήρησης του πλοίου δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί στη θάλασσα. Η προσωρινή διακοπή της πλεύσης του πλοίου και η ολιγοήμερη παραμονή του στην στεριά αποτελεί τη μοναδική επιλογή της συντήρησης του. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται, συντήρηση την ακτή και συνεχώς αποκτά όλα και περισσότερους υποστηρικτές, ειδικά στις θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων και στη χερσαία ναυτιλία.

Το shore-based maintenance αποτελεί μια συνήθη προγραμματισμένη συντήρηση η οποία γίνεται είτε για προληπτικούς λόγους (PPM - planned preventive maintenance) ή απλώς είναι η τακτική διαδικασία μιας συντήρησης βάσει την ωρών λειτουργίας του σκάφους.. Πρόκειται για ένα χρονικό πρόγραμμα συντήρησης, και τοποθετείται από τη στιγμή που θα φτάσει το πλοίο σε ένα λιμάνι, θα ανέβει το κατάλληλο προσωπικό συντήρησης, θα εκτελεστούν οι ανάλογες εργασίες συντήρησης, θα γίνουν οι απαραίτητοι έλεγχοι και τέλος θα πιστοποιηθεί η ολοκλήρωση των εργασιών αυτών. Η προληπτική συντήρηση πραγματοποιείται μόνο όταν υπάρχουν ενδείξεις ότι ένα συγκεκριμένο σύστημα δεν λειτουργεί με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο ή όταν έχουν εντοπιστεί περίεργες τιμές σε διάφορες ενδείξεις.

Βασικό κίνητρο των προληπτικών συντηρήσεων είναι η αποφυγή βλαβών και η απρόσμενη διακοπή λειτουργίας του σκάφους. Κάνοντας σωστές και τακτικές συντηρήσεις οι πλοιοκτήτες ελαχιστοποιούν τις πιθανότητες ενός off-hire που συνεπάγεται σε μηδενικό ναύλο του σκάφους. Προκειμένου να γίνει η συντήρηση στη στεριά, είναι πολύ σημαντικό να μην υπάρχουν χρονικές καθυστερήσεις που οδηγούν συνήθως σε οικονομικές απώλειες – ο απόλυτος και αυστηρός σχεδιασμός όλων των επισκευών κρίνεται αναγκαίος και σε περιπτώσεις χρονικών αποκλίσεων η άμεση παρέμβαση πρόσθετων μελών επιταχύνουν την όποια καθυστέρηση προκύψει. Παράλληλες εργασίες και ταυτόχρονες επισκευές διαφορετικών συστημάτων εξασφαλίζουν μια συντήρηση εντός χρονικού σχεδιασμού.

Συνηθισμένο πρόβλημα κατά τη διαδικασία της συντήρησης είναι η τοποθεσία, το μέρος όπου αυτό θα λάβει χώρα. Δυστυχώς, η πρόσβαση και οι παροχές που συναντώνται διαφέρουν τόσο από χώρα σε χώρα όσο και σε γειτονικά λιμάνια μεταξύ τους. Τα βασικά προβλήματα που δημιουργούνται σε αντίστοιχες περιπτώσεις συνήθως αφορούν τις ομάδες συντήρησης και τα ανταλλακτικά– το λιμάνι είναι σε απομακρυσμένο μέρος – ή τις αρχές λειτουργίας της χώρας αυτής – πολιτικά ζητήματα και

πεποιθήσεις. Όμως και σε αυτές τις δυσμενείς καταστάσεις υπάρχουν λύσεις, την συντήρηση αναλαμβάνουν είτε τοπικές ομάδες που δραστηριοποιούνται στην περιοχή, είτε ομάδες συντήρησης που προέρχονται από τον κατασκευαστή / προμηθευτή εξοπλισμού. Η συντήρηση των χερσαίων βάσεων είναι καταλληλότερη σε πλοία που πραγματοποιούν σταθερές εμπορικές διαδρομές.

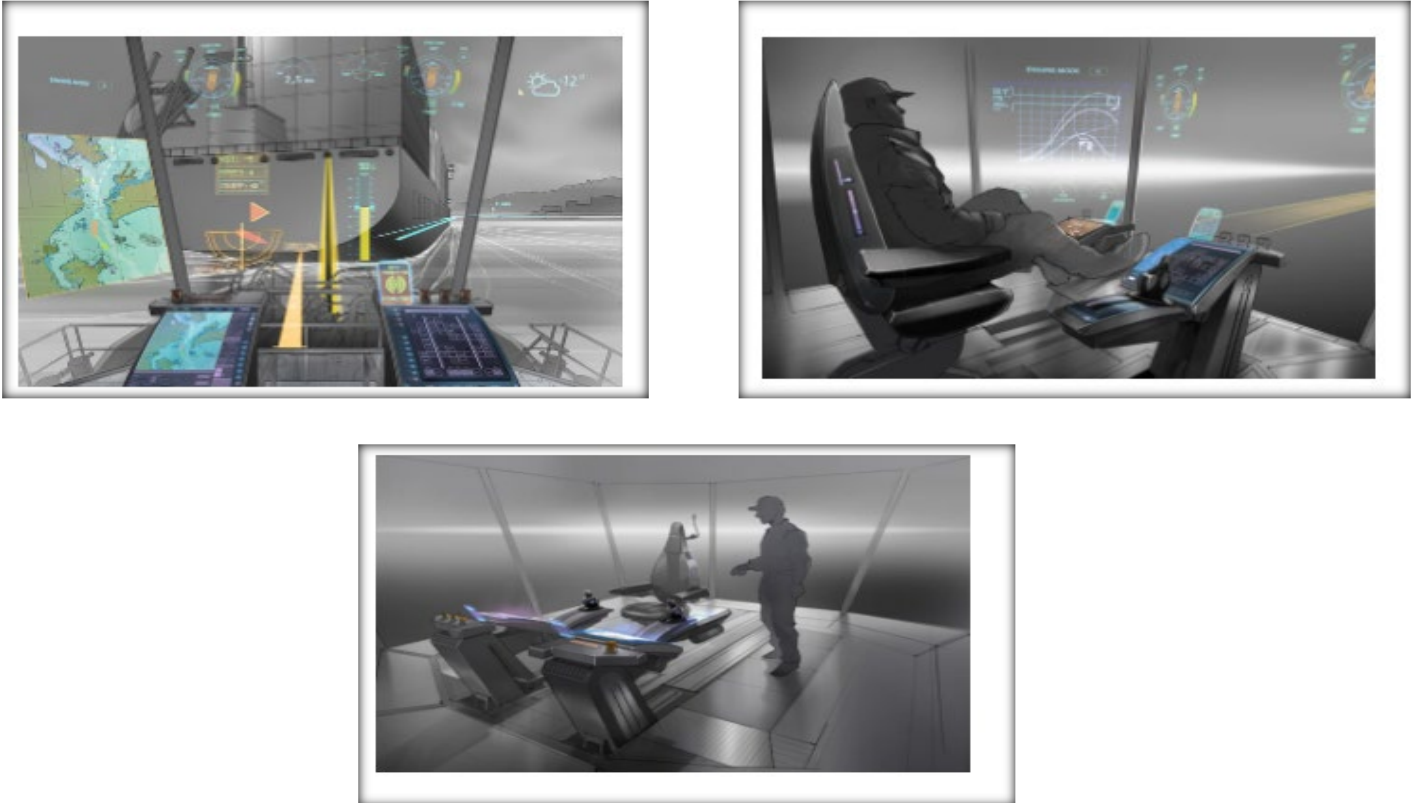
3.1.5 Συντήρηση με βάση τις συνθήκες (condition-based maintenance)

Στην προηγούμενη ενότητα αναφέραμε τις συνθήκες συντήρησης του εξοπλισμού στην ακτή. Δεδομένου λοιπόν ότι όλη η συντήρηση εκτελείται στην ξηρά, είναι σημαντικό ο χειριστής να γνωρίζει την κατάσταση όλων των ενσωματωμένων συστημάτων, με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιείται η πιθανότητα βλάβης στη θάλασσα. Όταν όλες οι πληροφορίες από τους αισθητήρες είναι διαθέσιμες στην ξηρά, ένας χειριστής είναι σε θέση να αξιολογήσει την απόδοση και την κατάσταση της υγείας των συστημάτων επί του σκάφους. Σε περιπτώσεις υπάρχουν ενδείξεις έλλειψης απόδοσης ή οι αισθητήρες παρέχουν αποτελέσματα μη συμμόρφωσης, αυτό συνεπάγει την άμεση συντήρησή τους. Έτσι υπάρχουν και περιπτώσεις κατά τις οποίες οι συντηρήσεις δεν πραγματοποιούνται βάσει πλάνου/σχεδίου, αλλά εξαιτίας κάποιας δυσλειτουργίας του εξοπλισμού.

3.1.6 Επαυξημένη πραγματικότητα (augmented reality)

Η επαυξημένη πραγματικότητα καθιστά δυνατή την προσθήκη συγκεκριμένων πληροφοριών μέσα από ζωντανές μεταδόσεις εικόνας και βίντεο. Αυτή η ιδέα χρησιμοποιήθηκε αρχικά σε smartphones και tablets, όπου ορισμένες εφαρμογές δίνουν τη δυνατότητα απευθείας μετάδοσης του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται η smart συσκευή. Στη ναυτιλία η ανάπτυξη αυτή σκοπεύει στην κατεύθυνση του χρήστη που βρίσκεται στο μηχανοστάσιο από έναν άλλο χρήστη που μπορεί να τοποθετείται οπουδήποτε. Οι πληροφορίες μεταφέρονται με ψηφιακό τρόπο μέσα από την εικόνα του βίντεο. Η λειτουργία αυτή εστιάζει στην άμεση παροχή απομακρυσμένης βοήθειας στο πλήρωμα σε περίπτωση μηχανικής βλάβης. Η πιο αξιόπιστη και ανεξάρτητη λύση θα είναι να υπάρχει μια βάση δεδομένων με όλες τις πληροφορίες των συστημάτων που είναι εγκατεστημένα και παράλληλα από την άλλη μεριά να μπορούν να αποθηκευτούν όλες οι οδηγίες σχετικά με τον τρόπο συντήρησης του εκάστοτε εξοπλισμού. Όταν η εφαρμογή αυτή ενεργοποιηθεί από τον χειριστή, αυτόματα μέσω της επαυξημένης πραγματικότητας γίνεται αναγνώριση του στοιχείου που εξετάζεται και δίνονται οι οδηγίες για την αναθεώρηση του εξοπλισμού. Πηγαίνοντας ένα βήμα παρακάτω, μια άλλη επιλογή είναι να παρέχεται αυτή η άμεση υποστήριξη στον χρήστη της επαυξημένης πραγματικότητας απευθείας από τον ειδικό χειριστή της ακτής.

Νέες εξελίξεις σχετικά με την επαυξημένη πραγματικότητα δείχνουν ότι είναι δυνατή η δημιουργία μιας οθόνης «see thru», συνδεδεμένη με έναν υπολογιστή και μέσα από αυτή να πραγματοποιείται η ανταλλαγή πληροφοριών. Συνεπώς, μέσα από οθόνες μεγαλύτερων διαστάσεων και καλύτερης ανάλυσης ο χρήστης λαμβάνει πληροφορίες και παράλληλα χρησιμοποιεί τα χέρια του χωρίς να χρειάζεται να σταματήσει τη δουλειά του (Mishra, 2020).

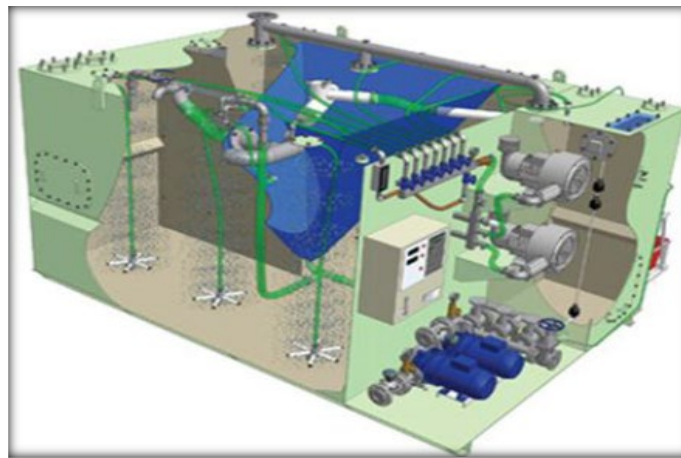


Εικόνα 17 – Επαυξημένη πραγματικότητα (Mishra, 2020)

3.1.7 Αρθρωτά συστήματα (modular systems)

Στο σενάριο της απομακρυσμένης πλοήγησης του σκάφους, όλες οι επισκευές και συντηρήσεις (condition based ή shore based) πραγματοποιούνται σε λιμάνι. Ένας μηχανικός που εργάζεται από την ξηρά δεν μπορεί να εμπλακεί φυσικά σε καμία διαδικασία επίλυσης βλάβης. Το κύριο ζήτημα ωστόσο είναι ο χρόνος που αφιερώνεται στο λιμάνι. Ειδικά σε περιπτώσεις πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων οι περίοδοι αναμονής στο λιμάνι είναι μικρότεροι από τον χρόνο που απαιτείται για κάποια μεγάλη επισκευή. Όταν όλη η συντήρηση πρέπει να πραγματοποιηθεί σε ένα ή ακόμα και περισσότερα λιμάνια, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε χρόνο εκτός πλεύσης που

αυτόματα συνεπάγεται με καταβολή αποζημίωσης εξαιτίας της καθυστέρησης του πλοίου. Τα πρόστιμα αυτά σχεδόν πάντα είναι αυστηρά και δύσκολα διαχειρίσιμα από τις ναυτιλιακές εταιρείες. Για εξοικονόμηση χρόνου λοιπόν, υπάρχουν περιπτώσεις συστημάτων κατασκευασμένα ως ολοκληρωμένη μονάδα με όλα τα κρίσιμα εξαρτήματα τοποθετημένα, τα οποία είναι προτιμότερο να αντικατασταθούν πλήρως παρά να επισκευαστούν / επιθεωρηθούν. Σήμερα αρκετά τέτοια συστήματα προτιμώνται έναντι του προκαθορισμένου service, για παράδειγμα μονάδες ενίσχυσης, μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, μονάδες κλιματισμού. Στην παρακάτω φωτογραφία απεικονίζεται ένα αρθρωτός σχεδιασμένος σταθμός επεξεργασίας λυμάτων (Anon., n.d.), (Bodegraven, 2010).



Εικόνα 18 - Μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, κατασκευασμένη ως αρθρωτό σύστημα (Martijn Lucas & Martijn van Zon, 2012)

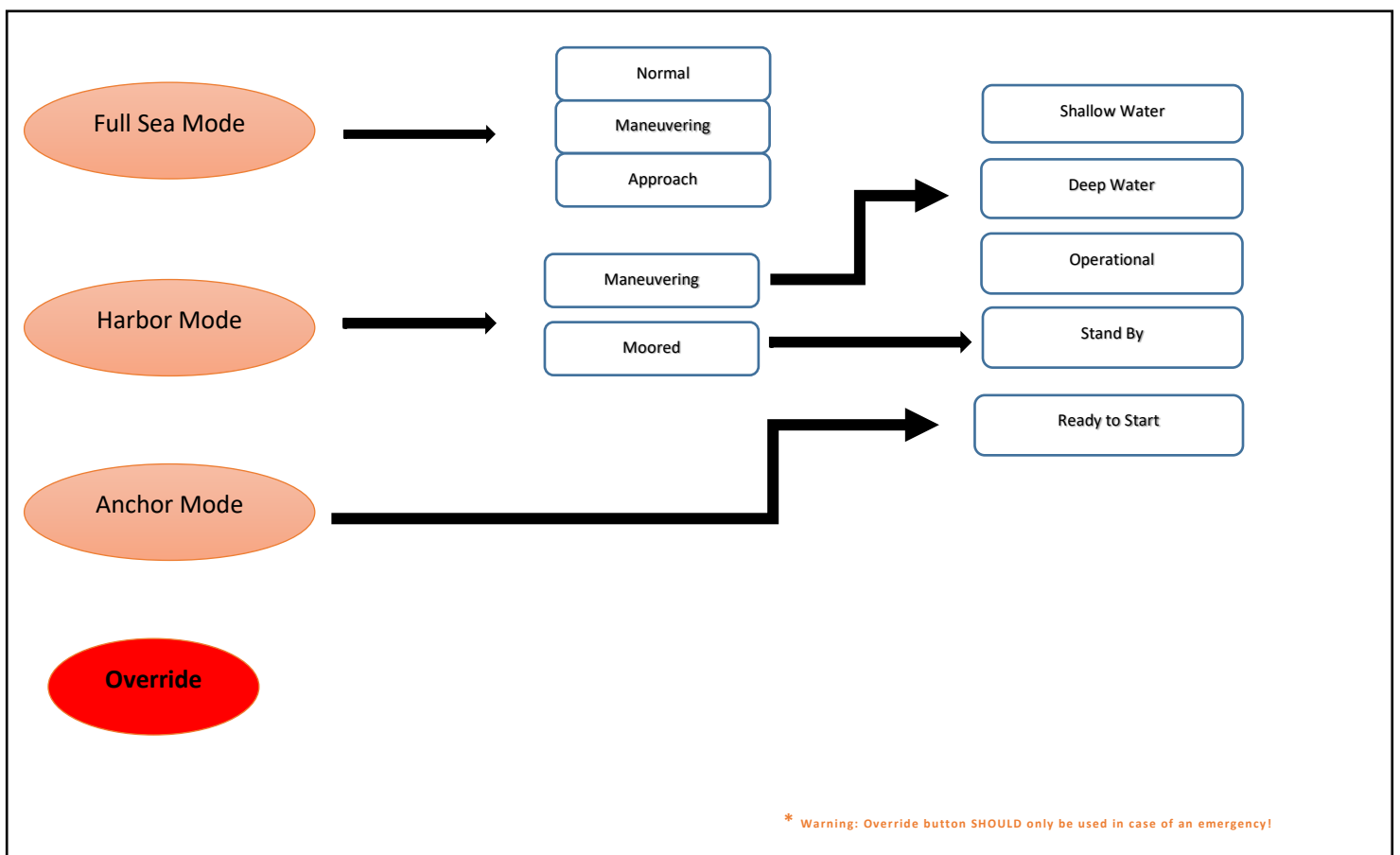
3.1.8 Σενάρια λειτουργίας της γέφυρας

Κατά το remote control της μηχανής όλες οι εντολές προς το μηχανοστάσιο εκτελούνται από την ξηρά συνεπώς μεγάλες ποσότητες δεδομένων αποστέλλονται μέσω δορυφορικής σύνδεσης. Ο όγκος αυτός αυξάνεται εκθετικά αν λάβουμε υπόψη ότι η συγκεκριμένη μορφή επικοινωνίας θα εφαρμόζεται στην πλειοψηφία των σκαφών τα οποία είτε διαχειρίζεται είτε ανήκουν σε μία ναυτιλιακή εταιρεία.

Για την καλύτερη διαχείριση λοιπόν μελετήθηκε το Bridge Operated Scenario Board (BOSB) το οποίο από φυσικής περιγραφής είναι ένα απλό πλαίσιο κουμπιών εγκατεστημένο στη γέφυρα. Σχετικά με την λογισμική του υπόσταση, κάθε κουμπί ταιριάζει με ένα αποθηκευμένο σενάριο λειτουργίας που ο χρήστης μπορεί να επιλέξει. Η εναλλαγή των σεναρίων καθορίζεται από την παρούσα κατάσταση, και έτσι πραγματοποιείται διαφορετική προσέγγιση ανά περίπτωση. Ο εξοπλισμός που βρίσκεται σε λειτουργία ανά σενάριο διαφέρει και αυτός, συνεπώς με την παράλληλη τοποθέτηση ενός αυτοματοποιημένου συστήματος η εναλλαγή αυτή (ξεκινά και σταματά τον απαραίτητο εξοπλισμό για

το καθορισμένο σενάριο) πραγματοποιείται μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα χωρίς να διακόπτεται η λειτουργία του BOSB.

Ακόμα καλύτερα αποτελέσματα υπάρχουν όταν το Bridge Operated Scenario Board συνδέεται με τα συστήματα της γέφυρας και τις διάφορες εντολές που δίνονται από αυτά για την κίνηση του σκάφους. Με την επιλογή της αλλαγής σεναρίου από το χειριστή, ο συνδεδεμένος εξοπλισμός σχεδόν ακαριαία προσαρμόζεται στον σενάριο αυτό και έτσι ο χρήστης δεν χρειάζεται να κάνει και άλλες ενέργειες εναρμόνισης των συστημάτων της γέφυρας με το BOSB. Στην παρακάτω εικόνα εμφανίζεται ένα βασικό BOSB - σκιαγραφούνται τα κύρια χαρακτηριστικά/ σενάρια ανάλογα με τον τύπο του πλοίου, την φύση των λειτουργιών του και το sailing pattern του.



Εικόνα 19 – BOSB (Martijn Lucas & Martijn van Zon, 20212)

3.2 Το στοιχείο Ασφάλεια

Οι ενότητες που θα ακολουθήσουν στοχεύουν στον ακριβή προσδιορισμό της ασφαλούς και αξιόπιστης πλεύσης αναλύοντας σενάρια επικίνδυνων καταστάσεων.

3.2.1 Ασφαλή Επάνδρωση

“Τα συμβαλλόμενα κράτη αναλαμβάνουν, το καθένα για τα εθνικά του πλοία, να διατηρούν ή, εάν είναι απαραίτητο να λαμβάνουν μέτρα έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια της ζωής στη θάλασσα - όλα τα πλοία θα πρέπει να είναι επαρκώς και με αποτελεσματικό τρόπο επανδρωμένα” (SOLAS, 1974).

Οι απαιτήσεις ασφαλούς επάνδρωσης στο πλοίο, οι οποίες καθίστανται αναγκαίες για την απόκτηση του σχετικού πιστοποιητικού ασφαλείας, εξαρτώνται πλήρως από τις δυνατότητες που έχουν τα συστήματα του πλοίου, καθώς και τις προφυλάξεις που λαμβάνονται επί του πλοίου. Αναλυτικότερα, οι απαιτήσεις ασφαλούς επάνδρωσης καθορίζονται από τις κλάσεις των πλοίων στο όνομα της σημαίας-κράτους και εξετάζουν πόσο ασφαλές είναι ένα πλοίο και τον αριθμό των μελών του πληρώματος που απαιτείται σε συγκεκριμένες καταστάσεις. Βασική αρχή τόσο των κλάσεων όσο και της σημαίας του πλοίου είναι ο επαρκής αριθμός πληρώματος επί του σκάφους αυτού. Για το λόγο αυτό, ακόμα μία προϋπόθεση του classification society, αποτελεί η διασφάλιση πολλών λειτουργιών σε αυτόματα επίπεδο – άμεση προστασία του ανθρώπου από πιθανούς τραυματισμούς. Το πλοίο πρέπει να μπορεί να εκτελεί πολλές λειτουργίες σε θέματα ασφαλείας έτσι ώστε να προφυλάσσει το μέλη που το επανδρώνουν. Θέματα όπως η καταπολέμηση της πυρκαγιάς και η λήψη μέτρων όταν ένα πλοίο πλημμυρίζει ή κινείται προσαραγμένο, αυτοματοποιούνται πριν από οποιαδήποτε μεταφορά ανθρώπου σε αυτό. Όλες οι αρχές της ασφαλούς επάνδρωσης αναλύονται περαιτέρω στην παρακάτω πηγή, (ORGANIZATION, 2000)

3.2.2 Πυρόσβεση

Κατά την περίπτωση της πυρκαγιάς, η έλλειψη προσωπικού δίνει μειονέκτημα για την καταπολέμηση της. Αυτό όμως δεν αποτέλεσε ανασταλτικό παράγοντα για την ανάπτυξη μηχανισμών που μπορούν άρτια να διαχειριστούν ακόμα και τις πιο περίπλοκες καταστάσεις πυρκαγιάς σε ένα πλοίο. Με την χρήση της δημιουργήθηκαν υποστηρικτικά συστήματα όπου:

- Απελευθερώνουν διοξείδιο του άνθρακα - με την απουσία του ανθρώπινου παράγοντα το στοιχείο αυτό αποτελεί έναν αρκετά αποτελεσματικό τρόπο κατάσβεσης της πυρκαγιάς χωρίς να θέτει σε κίνδυνο ζωές.
- Η τεχνολογία των υπερθύρων, η οποία αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο για την αντικατάσταση της αφής, επιτρέπει στην άμεση και έγκαιρη ανίχνευση πυρκαγιάς. Η πηγή ανιχνεύεται κατά το σημείο όπου η φωτιά είναι ελεγχόμενη.
- Οι εγκαταστάσεις υδρονέφωσης (ομίχλη νερού) μπορούν να βοηθήσουν στην καταπολέμηση της πυρκαγιάς χωρίς να θέσουν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές.
- Τα ολοκληρωμένα συστήματα ελέγχου ζημιών μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό, τη λήψη σωστών αποφάσεων και συνεπώς την καταπολέμηση των πυρκαγιών.

3.2.3 Εξοπλισμός ασφαλείας

Η συντήρηση και ο έλεγχος του εξοπλισμού ασφαλείας πρέπει να πραγματοποιούνται όταν το πλοίο βρίσκεται στο λιμάνι. Λόγω της έλλειψης μηχανικών, η κατάσταση συντήρησης κατά το ταξίδι ενός σκάφους καθίσταται αδύνατη. Η συντήρηση σε κινητήρες τόσο επί του σκάφους όσο και των βοηθητικών μικρότερων σκαφών τύπου MOB32 (διασωστικά) αποτελεί εργασία των μηχανικών του πληρώματος. Κατά τη απουσία μελών, αυτό έχει ως αποτέλεσμα η διαδικασία συντήρησης όλων των προαναφερθέντων να πραγματοποιείται πιο εντατικό κιάλας στην ξηρά, έτσι ώστε να διασφαλίζεται υψηλότερο επίπεδο αξιοπιστίας.

3.2.4 Πλημμύρα

Όταν ένα πλοίο πλημμυρίζει κάτω από την γραμμή του ίσαλου (waterline) τότε η άμεση επέμβαση των μηχανικών του σκάφους κρίνεται αναγκαία. Κατά την υπηρεσία, ένας μηχανικός είναι ικανός να εκτελεί μικρές επισκευές και παράλληλα να καθιστά το πλοίο ασφαλές. Στην remotely εκδοχή, όταν το μηχανοστάσιο λειτουργεί από την ξηρά, η παρέμβαση αυτή γίνεται από πρόσθετους μηχανισμούς αντλιών, βαλβίδων που διαχέουν τα ύδατα επί τους σκάφους. Παράλληλα ρομποτικοί βραχίονες θα είναι σε θέση να πραγματοποιούν επί τόπια συγκόλληση έτσι ώστε να περιορίζεται η εσωτερική διαρροή στο μηχανοστάσιο.

3.2.5 Προσωπική ασφάλεια πληρώματος

Όταν τα μηχανοστάσια δεν είναι επανδρωμένα αλλά ελέγχονται από την ακτή, αυτόματα μειώνονται οι πιθανότητες τραυματισμών. Προσωπικοί τραυματισμοί στα μηχανοστάσια συμβαίνουν καθημερινά, εξαιτίας των απότομων κινήσεων του πλοίου – μεγάλος κυματισμός, κακοκαιρία, των κινήσεων των ανθρώπων που εργάζονται σε αυτόν τον χώρο – τραυματισμός από γλιστερή επιφάνεια, ακόμα και από την πλεύση του ίδιου του σκάφους – ξαφνικός ελιγμός ή κακοκαιρία. Όταν η συντήρηση στο μηχανοστάσιο πραγματοποιείται σε λιμένα όπου το πλοίο παραμένει ανενεργό και κατά μήκος μιας αποβάθρας, τότε ο άνθρωπος προστατεύεται από όλα τα παραπάνω στοιχεία, και το περιβάλλον εργασίας μοιάζει πιο ασφαλές.

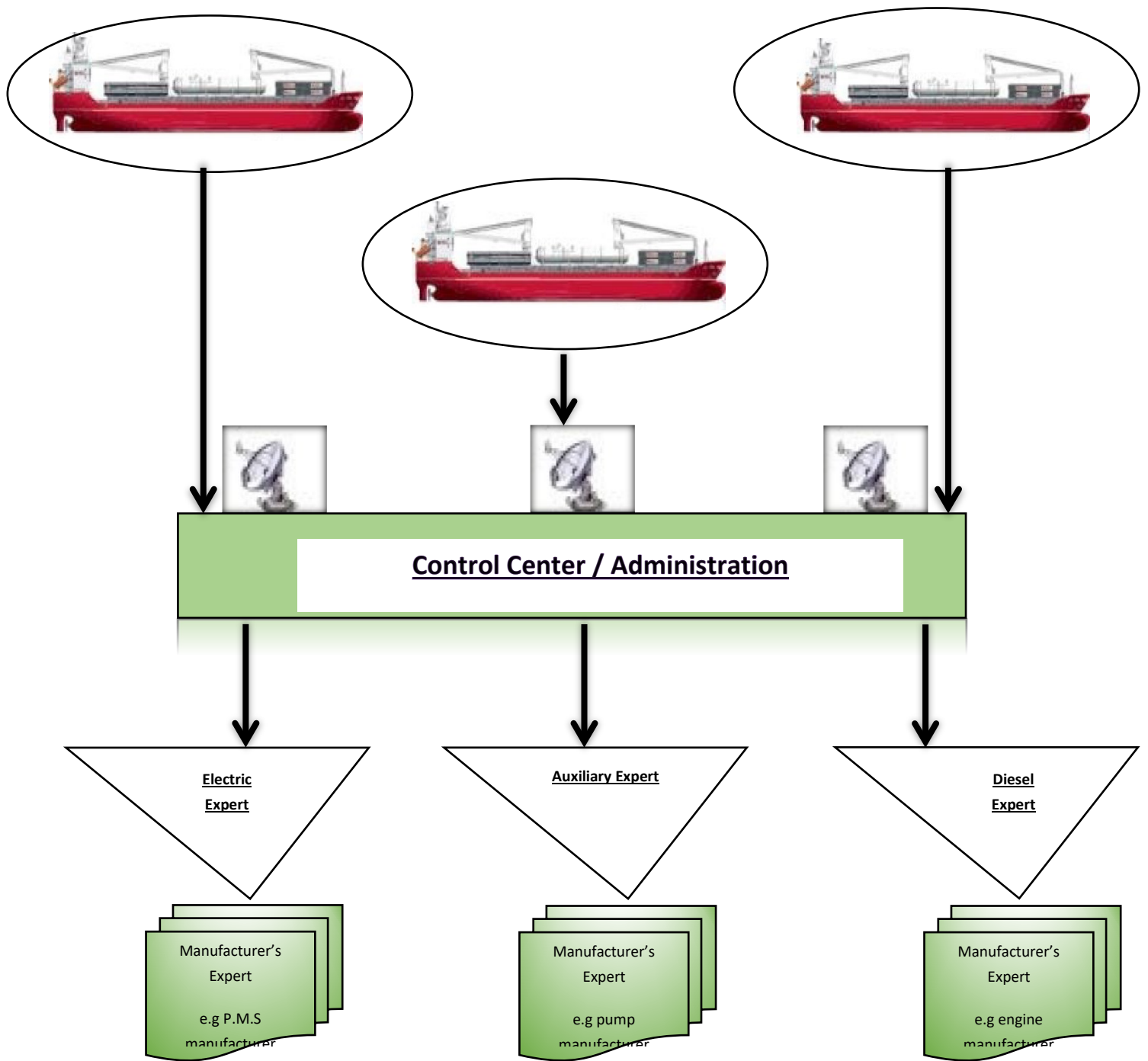
3.3 Το οργανωτικό συστατικό

Η σωστή δομή και οργάνωση ενός μη επανδρωμένου στόλου με μηχανοστάσια που λειτουργούν και κατευθύνουν τα πλοία εξ αποστάσεως αποτελεί θεμελιώδη διαδικασία η οποία δεν θυμίζει σε τίποτα τους ήδη γνωστούς οργανωτικούς θεσμούς. Όταν αλλάζει ο τρόπος εργασίας στο μηχανοστάσιο, τότε αυτόματα συνεπάγεται και αλλαγή για το τμήμα της γέφυρας.

Για το μηχανοστάσιο πρέπει να δημιουργηθεί ένας νέος οργανισμός ελέγχου· εισάγεται ο όρος process operator, ο οποίος πρακτικά αποτελεί τον χειριστή του μηχανοστασίου (Kongsberg, 2020). Σε περίπτωση όμως αποτυχίας ή βλάβης, όταν οι ενέργειες του χειριστή του μηχανοστασίου δεν αποφέρουν αποτελέσματα τότε απαιτείται ειδικός για την επίλυση του προβλήματος. Αυτό το σημείο το αναλαμβάνει το τμήμα που έχει ως κύρια ασχολία την άρτια λειτουργία του σκάφους. Αποτελείται από μία ομάδα διαχείρισης που οργανώνει την εκτέλεση των τεχνικών εργασιών χωρίς παράλληλα να απασχολεί λοιπούς χρήστες πιο τεχνικά καταρτισμένους. Με αυτούς τους διαχωρισμούς ένας με επανδρωμένος στόλος βελτιστοποιεί την εργασία όλων των υπολοίπων κρατώντας τους συγκεντρωμένους πλήρως στη δουλειά τους.

Το τμήμα της γέφυρας αναλαμβάνει συχνά ένα μέρος των κοινών τεχνικών εργασιών του μηχανοστασίου. Στην περίπτωση αυτή, επαναπροσδιορίζεται ο τρέχων φόρτος εργασίας και η σοβαρότητα της κατάστασης και υπάρχει η ανάλογη δραστηριότητα. Σε αρκετά μεγάλο ποσοστό κρίνεται απαραίτητο να μετριαστεί ο φόρτος εργασίας τους, προκειμένου να δημιουργηθεί επιπλέον χρόνος για τις εργασίες του μηχανοστασίου. Τέλος, ένα ακόμα εξειδικευμένο τμήμα που τοποθετείται στην ξηρά είναι αυτό που αναλαμβάνει δουλειές όπως προετοιμασία ταξιδιού,

διορθώσεις γραφημάτων, διορθώσεις βιβλίων και άλλα αντίστοιχα διαχειριστικά καθήκοντα. Καταμερίζοντας λοιπόν τις εργασίες με σωστό και δίκαιο τρόπο, ο στόλος διαχειρίζεται αποτελεσματικά και οι υπάλληλοι νιώθουν κομμάτι της ομάδας.



Εικόνα 20 - Οργανωτική δομή (Martijn Lucas & Martijn van Zon, 20212)

3.3.1 Κέντρο λειτουργίας και ελέγχου με βάση την ακτή

Για την εναρμόνιση της διαχείρισης των πλοίων, την απαλλαγή των μελών του σκάφους από διαχειριστικές και διοικητικές λειτουργίες και την επίλυση των προβλημάτων/δυσκολιών επί του πλοίου με ειδικούς στην ξηρά, το μοντέλο αυτό εισάγει την εγκαθίδρυση τριών νέων τμημάτων. Οι ομάδες αυτές είναι άμεσα συνεργαζόμενες και για την αποτελεσματικότερη συνεργασία τους ο χώρος λειτουργίας είναι κοινός - τα τρία αυτά τμήματα στεγάζονται μαζί είτε σε ένα δωμάτιο είτε σε ένα κτίριο. Για την διευκόλυνση και την κατανόηση όλων το κτίριο θα ονομάζεται κέντρο λειτουργίας και ελέγχου με βάση την ακτή – SBOCC (Shore Based Operations & Control Center).

Το SBOCC αποτελεί ένα χώρο στον οποίο πολλαπλά σκάφη μπορούν να παρακολουθούνται και να ελέγχονται την ίδια χρονική στιγμή. Χωρίζεται σε πολλαπλά τμήματα, το λειτουργικό τμήμα, το ειδικό τμήμα αντιμετώπισης προβλημάτων και επίλυσης τεχνικών βλαβών, το τμήμα διαχείρισης του πλοίου και το προσωπικό λειτουργίας. Οι τρεις πρώτες αναφορές αποτελούν τις νεοσύστατες ομάδες που αναφέρθηκαν και νωρίτερα, τα νέα τμήματα στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

Το λειτουργικό τμήμα μπορεί να συγκριθεί με τα κέντρα ελέγχου στην ξηρά, τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως στη βιομηχανία παραγωγής φυσικού αερίου και συναντώνται ευρέως στις μέρες μας. Αυτά τα κέντρα παρακολουθούν και ελέγχουν πολλαπλές πλατφόρμες παραγωγής φυσικού αερίου από ένα και μόνο δωμάτιο. Οι χειριστές στην ξηρά μπορούν να παρακολουθούν πολλές πλατφόρμες και να παρεμβαίνουν όταν συμβαίνει κάτι ασυνήθιστο. Μέσα στο σταθμό παρακολούθησης αναφέρονται δεκάδες οθόνες οι οποίες “προβάλλουν” η κάθε μία με διαφορετικό τρόπο, τα αυτόματα συστήματα λειτουργίας της πλατφόρμας καθώς και το πλήθος των αισθητήρες που βρίσκονται τοποθετημένοι στα συστήματα αυτά. Επιπλέον, χρειάζεται εξοπλισμός επικοινωνίας για τη διασύνδεση με το πλοίο και ο χώρος της πολλαπλής οθόνης από όπου το εξειδικευμένο τμήμα αντιμετώπισης προβλημάτων και παροχής λύσεων θα καθοδηγεί το σκάφος σε ανάλογες περιπτώσεις. Σαν τελευταία δομή, αναγκαία είναι η λειτουργία μίας υπερμεγέθους οθόνης για τηλεδιασκέψεις, μίας οθόνης που θα χρησιμοποιείται για αναζήτηση πληροφοριών σχετικά με τον εξοπλισμό επί του σκάφους, μίας οθόνης για δυνατότητες επαυξημένης πραγματικότητας και τέλος ο εξοπλισμός επικοινωνίας για την ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων του χώρου αυτού με τα άλλα τμήματα του SBOCC και φυσικά με το πλοίο.

Όσο για το τμήμα διοίκησης του πλοίου, αυτό θα λειτουργεί όπως κάθε άλλη διοικητική υπηρεσία που βασίζεται στην ακτή. Εκτός από τον εξοπλισμό επικοινωνίας για την σύνδεση με τα λοιπά τμήματα του SBOCC και το πλοίο, δεν κρίνεται αναγκαίος κάποιος επιπλέον εξοπλισμός. Οι εικόνες που ακολουθούν (Εικόνες 13,14) προβλέπουν τα operation rooms και στη συνέχεια η εικόνα

15 είναι μία πραγματική λήψη από το Columbus Control Center που βρίσκεται στην περιοχή Oberpfaffenhofen, κοντά στο Μόναχο της Γερμανίας.



Εικόνα 21 - Operation Room (Brown, 2020)



Εικόνα 22 - Operation Room (Brown, 2020)



Εικόνα 23 - Columbus Control Centre is located at Oberpfaffenhofen near Munich, Germany.

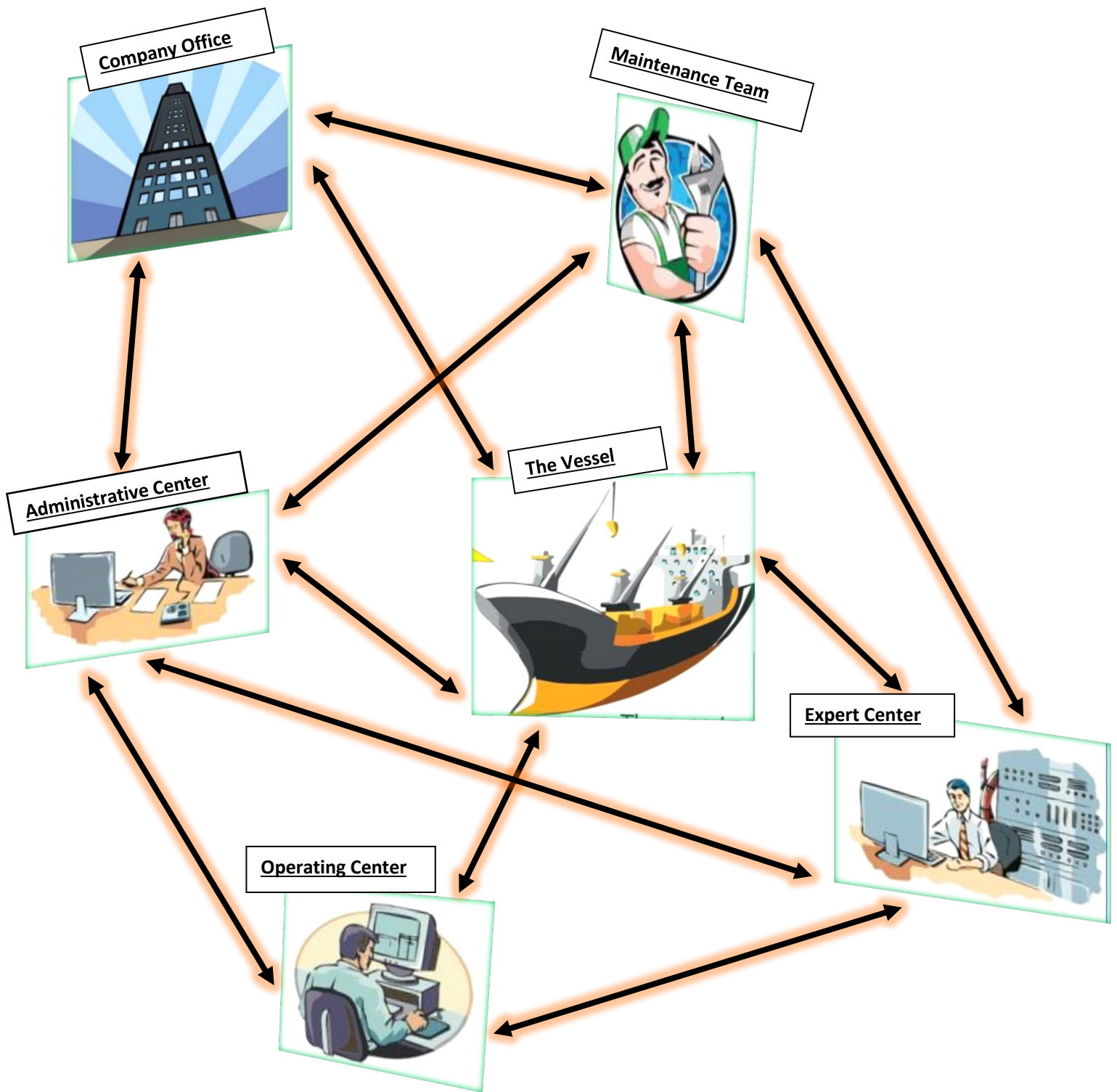
3.4 Οι διαδικασίες και ο συντονισμός τους (process component)

Στο προηγούμενο κεφάλαιο, έγινε περιγραφή της οργανωτικής δομής ενός πλήρους αυτόνομου μηχανοστασίου. Αυτός ο νέος οργανισμός αποτελείται από διαφορετικά στοιχεία, τα σημαντικότερα εκ των οποίων αναλύονται παρακάτω,

- Το γραφείο της εταιρείας (the company office)
- Το σκάφος (The vessel)
- Το λειτουργικό κέντρο (The operation center)
- Το κέντρο ειδικών (The expert centre)
- Το διοικητικό κέντρο (The administrative center)
- Η ομάδα συντήρησης (The maintenance team)

Όλες οι παραπάνω ομάδες ενός πλήρως αυτόνομο στόλου, μπορούν να αλληλοεπιδρούν παραγωγικά σε έναν ενιαίο χώρο, κτίριο ή ακόμα και να προσφερθούν ως υπηρεσία σε έναν εξωτερικό παράγοντα όπως για παράδειγμα η Radioholland (Radioholland, n.d.).

Για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργικότητας μεταξύ των οργανωτικών στοιχείων, χρησιμοποιείται το ακόλουθο διάγραμμα ροής που δείχνει τις διαφορετικές κατευθύνσεις των πληροφοριών.



Εικόνα 24 - Process Flow Diagram (Martijn Lucas & Martijn van Zon, 2012)

Στο διάγραμμα ροής, απεικονίζονται τα διάφορα οργανωτικά στοιχεία. Τα βέλη δείχνουν τις ροές πληροφοριών μεταξύ των οργανωτικών στοιχείων και περιγράφουν τη διαδικασία της οργάνωσης πίσω από το πλοίο.

Στο κέντρο του διαγράμματος ροής, τοποθετείται το πλοίο – αυτό αποτελεί τον πυρήνα της διαδικασίας καθώς κάθε βήμα (βέλος) σχετίζεται με τη λειτουργία αυτού. Το σκάφος βρίσκεται σε άμεση επαφή με όλα τα στοιχεία της διαδικασίας.

Το γραφείο της εταιρείας είναι η ναυαρχίδα της διαδικασίας και βρίσκεται σε άμεση επαφή με το πλοίο, προβαίνει στη λήψη κατευθυντήριων αποφάσεων σχετικά με το δρομολόγιο και το φορτίο του σκάφους. Η ροή πληροφοριών μεταξύ γραφείου και πλοίου, αλλά και ταυτόχρονα μεταξύ του κέντρου ειδικών και του λειτουργικού κέντρου ελέγχεται και καθορίζεται από το διοικητικό κέντρο. Με αυτόν τον τρόπο οι πληροφορίες αποθηκεύονται σε ένα μέρος και είναι άμεσα διαχειρίσιμες. Η ομάδα συντήρησης αναλαμβάνει τις εργασίες επισκευών στο σκάφος και παράλληλα εποπτεύεται από το γραφείο της εταιρείας. Αυτό είναι που αποφασίζει σε ποιον χρόνο και σε ποιον τόπο κρίνεται αναγκαία η επέμβαση της ομάδας συντήρησης.

Η ομάδα συντήρησης έχει ροές πληροφοριών με το γραφείο της εταιρείας, το κέντρο των ειδικών και το σκάφος απευθείας. Πραγματοποιούν τη συντήρηση στο πλοίο όταν αυτό βρίσκεται στο λιμάνι και κατευθύνεται από το γραφείο της εταιρείας. Κατά την διάρκεια των εργασιών συντήρησης και αν αυτό κληθεί αναγκαίο λαμβάνουν βοήθεια από το κέντρο των ειδικών. Ακόμα, υπάρχει επαφή με το διοικητικό γραφείο του πλοίου για τις αναφορές που δημιουργούνται κατά την εκτέλεση της συντήρησης, οι οποίες με τη σειρά τους κατατίθενται σε μια βάση δεδομένων για μελλοντική χρήση.

Το διοικητικό κέντρο του πλοίου έχει ροές πληροφοριών με όλα τα οργανωτικά στοιχεία. Είναι η ενδιάμεση επαφή μεταξύ του κέντρου λειτουργιών και του γραφείου της εταιρείας, καθώς και μεταξύ του γραφείου της εταιρείας και του κέντρου των ειδικών. Το διοικητικό κέντρο διατηρεί στενή επαφή με το σκάφος και αναλαμβάνει για αυτό όλα τα διαχειριστικά που ενίοτε το απασχολούν. Επιπλέον, διατηρεί αρχείο όλης της ροής των δεδομένων στον οργανισμό και συντάσσει την αναφορά κατά την εκτέλεση της συντήρησης με βάσει τις οδηγίες της τεχνικής ομάδας

Δυναμικό ρόλο λαμβάνει και το λειτουργικό κέντρο, το οποίο έχει μια συνεχή ροή πληροφοριών με το σκάφος. Το διοικητικό κέντρο είναι η ενδιάμεση επαφή μεταξύ του λειτουργικού κέντρου και του γραφείου της εταιρείας και στις δύσκολες περιπτώσεις των βλαβών, το λειτουργικό κέντρο έχει επαφή με το κέντρο των ειδικών.

Ως τελευταίο στοιχείο, παρατίθεται το κέντρο των experts όπου έχει ροές πληροφοριών με όλα τα οργανωτικά στοιχεία εκτός από το γραφείο της εταιρείας - το διοικητικό κέντρο είναι η ενδιάμεση επαφή. Το κέντρο των ειδικών παρέχει βοήθεια στην ομάδα συντήρησης και μπορεί να συγκριθεί με τους σημερινούς τεχνικούς επόπτες. Στην περίπτωση του προβλήματος, το κέντρο των ειδικών απαλλάσσει το κέντρο των λειτουργιών από το πρόβλημα, καθώς το διοικητικό κέντρο καταγράφει απευθείας όλες τις ενέργειες της ομάδας των ειδικών.

3.5 Εργατικό δυναμικό

Κατά την μελέτη του μοντέλου Marof Ashore, μπορούμε να θεωρήσουμε πως στο πλοίο θα υπάρχει ένα μικρό εργατικό δυναμικό – έστω τρεις αξιωματικοί, ο καπετάνιος και μερικοί δόκιμοι ναύτες.

Δεδομένου πως οι διαδικασίες της πλοήγησες ξεφεύγει από τα κοινά/γνωστά ως τώρα δεδομένα, τα καθήκοντα αλλάζουν. Οι ίδιοι δεν καθίστανται υπεύθυνοι για την πλοήγηση, τη λειτουργία και τη συντήρηση του καταστρώματος, αλλά γίνονται παράλληλα και οι κύριοι της λειτουργίας του μηχανοστασίου. Σε αυτήν την περίπτωση, όλοι τους έχουν επιπλέον ευθύνες. Καθοδηγούμενοι από τους αξιωματικούς της στεριάς, πρέπει να βρίσκονται σε ετοιμότητα και σε θέση για άμεση επέμβαση όταν τους ζητηθεί, για παράδειγμα, η εκτέλεση ορισμένων εργασιών όπως ο καθαρισμός φίλτρων κ.λπ.

Αυτό το καθεστώς λειτουργίας στην αυτόνομη ναυτιλία ονομάζεται "Shore Support" (Levander, 2017) και αναλύει το πως ένα από τους παραπάνω ρόλους μπορεί να αντικαταστήσει έναν αρχιμηχανικό ενός σκάφους. Ο τελευταίος πρέπει να είναι σε θέση να εποπτεύει τα παρακάτω:

- ✓ Εκτελεί καθήκοντα επιφυλακής, ναυτικά & τεχνικά.
- ✓ Προετοιμάζει ένα ταξίδι, λαμβάνοντας υπόψη μια ασφαλή και αποτελεσματική πλοήγηση.
- ✓ Ελιγμός του σκάφους.
- ✓ Εκτελεί ασφαλείς εργασίες του φορτίου, εξασφαλίζει τη σταθερότητα και τη φροντίδα φορτίου.
- ✓ Γνώστης όλου του εξοπλισμού & των μηχανημάτων επί του σκάφους.
- ✓ Εντοπίζει δυσλειτουργίες, εκτελεί επιθεωρήσεις, εκτελεί και διαχειρίζεται επισκευές, στη θάλασσα, στο λιμάνι και στην αποβάθρα.
- ✓ Εφαρμόζει τους κανονισμούς σύγκρουσης στη θάλασσα.
- ✓ Να γνωρίζει τους εργασιακούς κανονισμούς και να είναι σε θέση να παρέχει πρώτες βοήθειες
- να λαμβάνει δράση σε περίπτωση ασθένειας ή και τραυματισμού

- ✓ Υπεύθυνος για την υγιεινή σε όλο το πλοίο.
- ✓ Προβλέπει, ενεργεί και αντιδρά με ασφάλεια κατά τη διάρκεια καταστάσεων έκτακτης ανάγκης ή ακόμα και καταστροφών.
- ✓ Διατηρεί αρχεία της διαχείρισης των αποθεμάτων και του προγράμματος συντήρησης
- ✓ Εξασφαλίζει τη σωστή συντήρηση χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο εξοπλισμού ασφαλείας.
- ✓ Εκτελεί αξιολογήσεις κινδύνου, αντιδρά σε εκτιμήσεις κινδύνου, συντάσσει σχέδια ασφαλείας και βρίσκεται σε θέση να τα εφαρμόσει.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία είναι σύμφωνα με το ολλανδικά προφίλ τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (P. Harts, M. Klip, H.A. Krul, G.A. van Leunen & R. van Ree, 2018).

3.6 Κοινωνικό περιβάλλον εργασίας

Εκτός από την εργασιακή πλευρά, οι άνθρωποι κατά την επάνδρωση του σκάφους αναμένουν ένα ευχάριστο κοινωνικό περιβάλλον. Το συγκεκριμένο μοντέλο παρουσιάζει τέσσερις αξιωματικούς και μερικούς ακόμα ναυτικούς δόκιμους, συνεπώς το άμεσο κοινωνικό περιβάλλον χαρακτηρίζεται ως μικρό. Οι αξιωματικοί εργάζονται με ένα πρόγραμμα παρακολούθησης, οπότε τουλάχιστον ένας απασχολείται στη γέφυρα και κάποιος παράλληλα ξεκουράζεται από την περιπολία αυτή.

Όταν η αλληλογραφία και τα διάφορα διαχειριστικά καθήκοντα μετακινούνται στην ακτή, οι αξιωματικοί έχουν περισσότερο χρόνο, είτε ελεύθερο είτε χρόνο για να καταπιαστούν μια κάποια άλλη δουλειά.

Συνίσταται να υπάρχουν πάντα δύο αξιωματικοί στη γέφυρα και κάθε αξιωματικός να έχει τακτική επαφή με τους όμοιούς του, τόσο κατά τη διάρκεια της βάρδιας όσο και κατά τη διαδικασία της αντικατάστασης. Με αυτή την πρόταση η πλοήγηση γίνεται ασφαλέστερη επειδή υπάρχουν πάντα δύο ζεύγη ματιών εν ώρα υπηρεσίας. Επιπλέον από κοινωνικής πλευράς, στο περιβάλλον της τοπικής εργασίας βρίσκονται ζεύγη ανθρώπων και όχι μονάδες, έτσι κανείς δεν εργάζεται μόνος του. Κατά το χρόνο αυτό, οι αξιωματικοί έχουν χρόνο να συνομιλήσουν μεταξύ τους και όταν ένας από αυτούς πρέπει να ασχοληθεί με κάποια διοικητική εργασία, ο άλλος μπορεί να παρακολουθεί.

Από το 2010 η ναυτιλιακή βιομηχανία έχει επενδύσει στην χρήση των νέων δορυφόρων τύπου Inmarsat 5 (Zangrando, 2020). Μέσα από την εξέλιξη της τεχνολογίας και την παροχή ευρυζωνικής σύνδεσης το πλήρωμα μπορεί να διατηρήσει επαφή με την οικογένεια στο σπίτι ανά πάσα στιγμή. Όταν η εργασία επί του σκάφους γίνεται πιο κοινωνική, τότε αυτόματα η ίδια η εργασία γίνεται πιο ελκυστική για τους ανθρώπους. Αυτό συνεπάγεται με μία εταιρεία πιο ανθρωποκεντρική από τις υπόλοιπες (Anon., 2012).

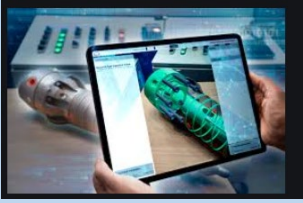

3.7 Σενάρια λειτουργίας και αξιοπιστίας σκάφους

Συνοψίζοντας όλα τα δεδομένα που αναλύθηκαν κατά τη παρουσίαση του κεφαλαίου τρία, και θέλοντας να δοθεί η πρέπουσα σημασία στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά μιας αυτόνομης ναυτιλιακής βιομηχανίας θα παρουσιαστούν ορισμένα σενάρια λειτουργίας ενός μη επανδρωμένου σκάφους. Τα σενάρια αυτά θα αξιολογηθούν από τεχνικής άποψης δείχνοντας πως καθίσταται δυνατόν να πραγματοποιηθεί ταξίδι μέσω απομακρυσμένου ελέγχου ακόμα και αν εμφανιστούν δύσκολες καταστάσεις. Στην περίπτωση της αδύναμης λύσης θα προταθούν διορθωτικές ενέργειες.

Ξεκινώντας την παρουσίαση γίνεται η θεώρηση πως όλος ο εξοπλισμός βρίσκεται σε καλή κατάσταση και λειτουργεί σωστά. Τα σενάρια βασίζονται σε πραγματικές καταστάσεις, είτε υπό συνθήκες πλεύσης, είτε από συνθήκες μερικής στασιμότητας.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1: ΜΙΚΡΗ ΕΠΙΣΚΕΥΗ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ

Ένα ρουλεμάν της αντλίας νερού ψύξης αποτυγχάνει με αποτέλεσμα η αντλία να μην λειτουργεί σωστά. Δυστυχώς, δεν υπάρχει διαθέσιμο εναλλακτικό σύστημα ψύξης και στην περίπτωση της μερικής επάνδρωσης οι μηχανικοί δεν έχουν την απαιτούμενη εμπειρία. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η τρέχουσα κατάσταση του μηχανοστασίου, πλήρης ή μερική επάνδρωση και παράλληλα προτείνεται η τεχνική λύση που πλαισιώνει κάθε κατάσταση ξεχωριστά. Συνοπτικά, αξίζει να αναφερθεί πως και στις δύο περιπτώσεις η τεχνική λύση έχει αρκετά ικανοποιητικό ποσοστό επιτυχίας με την μη επανδρωμένη περίπτωση να υπερτερεί έναντι της μερικής επάνδρωσης.



Ανάπτυξη μηχανοστασίου	Τεχνική λύση
<p data-bbox="217 259 695 293">Μερικώς επανδρωμένο μηχανοστάσιο</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="938 275 1557 510">✓ Οι εργαζόμενοι στο πλοίο μπορούν εύκολα να επισκευάσουν την αντλία χρησιμοποιώντας το σύστημα υποστήριξης της Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality Support) με λεπτομερείς οδηγίες.
<p data-bbox="252 580 660 613">Μη επανδρωμένο μηχανοστάσιο</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="938 591 1538 725">✓ Τα ρομπότ μπορούν να εκτελούν εργασίες επισκευής που αξιολογούνται από το σύστημα αυτοματοποιημένης συντήρησης

Πίνακας 6 – Σενάριο μικρής επισκευής στη θάλασσα (Martijn Lucas & Martijn van Zon, 20212)

Σαν αρνητικό στοιχείο θα πρέπει να καταχωρηθεί η μεγάλη ροή δεδομένων από και προς την ακτή και το γεγονός πως στις περιπτώσεις της καθοδήγησης των επισκευών υπάρχει σημαντική πιθανότητα η διαδικασία να διαρκέσει παραπάνω από το προβλεπόμενο.

ΣΕΝΑΡΙΟ 2: ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Σε όλα τα σκάφη, τα περισσότερα συστήματα που είναι εγκατεστημένα χρειάζονται συντήρηση. Το σενάριο που παρουσιάζεται στη συνέχεια, πίνακας 8, περιγράφει τον τρόπο διεξαγωγής της συντήρησης στη νέα κατάσταση και δείχνει μερικούς υπολογισμούς σχετικά με την αποτελεσματικότητα της νέας προσέγγισης της συντήρησης.

Ανάπτυξη μηχανοστασίου	Τεχνική λύση
<p data-bbox="188 394 667 427">Μερικώς επανδρωμένο μηχανοστάσιο</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Μεγάλη μείωση των συνολικών ωρών εργασίας συντήρησης. ✓ Υψηλή διαθεσιμότητα ανταλλακτικών όταν η επισκευή πραγματοποιείται σε τεχνολογικά προηγμένα λιμάνια
<p data-bbox="225 763 632 797">Μη επανδρωμένο μηχανοστάσιο</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Η έξυπνη διαχείριση χρόνου μαζί με το σύστημα αυτόματης συντήρησης ανιχνεύουν και αξιολογούν τιμές, μετρήσεις, ενδείξεις – παράλληλα βρίσκονται σε θέση για αυτόματη ρύθμιση ✓ Υλικά και τεχνικά εξαρτήματα καλύτερης ποιότητάς επεκτείνουν το χρόνο μεταξύ της γενικής επισκευής (TBO)


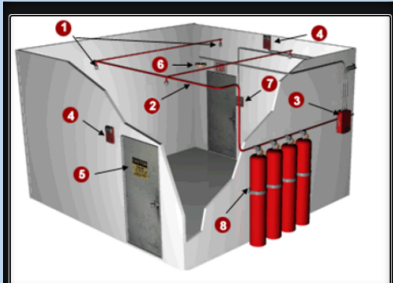
Πίνακας 7 – Σενάριο συντήρησης (Martijn Lucas & Martijn van Zon, 20212)

Στο σενάριο της συντήρησης το μεγαλύτερο διαχειριστικά πρόβλημα είναι ο προγραμματισμός της επισκευής αυτής. Σφιχτά χρονοδιαγράμματα και συνεχής παρακολούθηση των διαδικασιών (π.χ. έγκαιρη παράδοση των απαιτούμενων ανταλλακτικών), έτσι ώστε όλες οι εργασίες συντήρησης να πραγματοποιούνται ταυτόχρονα καταγράφοντας τον ελάχιστο απαιτούμενο χρόνο παραμονής. Επισκευές κατά τη διαδικασία της φορτοεκφόρτωσης του πλοίου για την αποφυγή προστίμων από τους ναυλωτές σε καταστάσεις επείγουσας παράδοσης. Μέσα από την ψηφιακή καταγραφή όλων των επισκευών, η συντήρηση του σκάφους γίνεται πιο απλοποιημένη διαδικασία και λαμβάνοντας υπόψη την άρτια τεχνογνωσία των μηχανημάτων – ρομποτικών ή μη – η περίπτωση της χρονικής καθυστέρησής μοιάζει σχεδόν απίθανη.

ΣΕΝΑΡΙΟ 3: ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Το τελευταίο σενάριο αφορά ίσως την πιο σημαντική κατεύθυνση αξιοπιστίας στα αυτόνομα πλοία και είναι η ασφάλεια. Πρακτικά, εξαιτίας των θανατηφόρων συνεπειών που προκαλεί σε κακή ή ημιτελής εκτίμησή της τα πρωτόκολλα λειτουργίας καθώς και τα εναλλακτικά σενάρια αντίδρασης είναι αρκετά αυστηρά και περίπλοκα.

Ας εξετάσουμε την περίπτωση της φωτιάς, πίνακας 9, η οποία αρχίζει να εξαπλώνεται στο μηχανοστάσιο του σκάφους. Η έλλειψη επάνδρωσης οδηγεί στην καθυστερημένη ανίχνευση του προβλήματος καθώς κανένας άνθρωπος δεν βρίσκεται εκεί για να το πολεμήσει. Αυτό το σενάριο δείχνει πώς καταπολεμάται η πυρκαγιά με τα συστήματα του πλοίου να λειτουργούν εξ αποστάσεως. Το πλοίο χρησιμοποιεί ένα αυτόνομο σύστημα ελέγχου ζημιών, το οποίο βοηθά το πλήρωμα (ή το κέντρο ελέγχου) να αξιολογήσει το επίπεδο ασφάλειας και παράλληλα να βοηθά πραγματοποιούνται διορθωτικές επεμβάσεις αν αυτό κρίνεται αναγκαίο.

Ανάπτυξη μηχανοστασίου	Τεχνική λύση
<p data-bbox="207 1075 686 1108">Μερικώς επανδρωμένο μηχανοστάσιο</p> 	<ul data-bbox="861 1086 1492 1534" style="list-style-type: none">✓ Οι αισθητήρες ανίχνευσης καπνού στο μηχανοστάσιο ανιχνεύουν τη φωτιά και ενεργοποιούν αμέσως τα μέτρα ασφαλείας.✓ Οι μηχανισμοί λειτουργίας του σκάφους απενεργοποιούνται και παράλληλα οι εγκαταστάσεις υδρονέφωσης αναλαμβάνουν την κατάσβεση της φωτιάς✓ Στην περίπτωση της ανεξέλεγκτης κατάστασης το πλήρωμα καλείται να εγκαταλείψει το πλοίο
<p data-bbox="239 1680 654 1713">Μη επανδρωμένο μηχανοστάσιο</p> 	<ul data-bbox="861 1601 1492 1993" style="list-style-type: none">✓ Οι αισθητήρες ανίχνευσης καπνού στο μηχανοστάσιο ανιχνεύουν τη φωτιά και ενεργοποιούν τα μέτρα ασφαλείας✓ Αυτόματα διακόπτεται η παροχή O₂ στο περιβάλλον του μηχανοστασίου✓ Το σύστημα αναγνώρισης ζημιών αξιολογεί το βαθμό καταστροφής και εκτιμά τις συνθήκες επαναλειτουργίας

- ✓ Τα αυτόματα συστήματα συντήρησης ενεργοποιούνται και οι ρομποτικοί μηχανισμοί ελέγχουν & ρυθμίζουν την υπάρχουσα κατάσταση , αξιολογείται η πλευση του σκάφους με βάσει το εύρος των ζημιών

Πίνακας 8 – Σενάριο ασφάλεια (Martijn Lucas & Martijn van Zon, 20212)

Το σύστημα ελέγχου ζημιών μπορεί να επεκταθεί με επιπλέον χαρακτηριστικά, όπως η αυτόματη άντληση με πλημμύρες.

Τα σενάρια δίνουν μια ρεαλιστική εικόνα των πραγματικών καταστάσεων ζωής και με τη βοήθεια αυτών, μπορούν να αντιμετωπιστούν πολλά σημεία συμφόρησης. Είναι αδύνατο να καλυφθούν όλες οι πιθανές καταστάσεις επί του σκάφους με σενάρια καθώς τα προβλήματα θα εμφανίζονται πάντα όταν εισάγεται ένα νέο σύστημα. Όμως οι προκλήσεις είναι τόσες πολλές που ο άνθρωπος θα προσπαθεί πάντα να βρίσκεται ένα βήμα μπροστά και να μαθαίνει από τις διάφορες έκτακτες καταστάσεις που καλείται να αντιμετωπίσει.

Κεφάλαιο 4 – SaCos, αξιοπιστία λειτουργικού συστήματος

Στην αυτόνομη ναυτιλιακή βιομηχανία η αξιοπιστία αποτελεί μία από τις πιο καθοριστικές παραμέτρους για την επιτυχημένη ανάπτυξη του κλάδου αυτού. Αρκετά ερευνητικά προγράμματα έχουν ασχοληθεί με την ευρύτερη έννοια της αξιοπιστίας και της υπακοής του συστήματος στις εντολές του χρήστη. Τα πρώτα αποτελέσματα έδωσαν πολύ θετικές ενδείξεις και γρήγορα συνέβαλαν στην ολοκλήρωση των ερευνών αυτών μέσω ναυπήγησης πλήρως αυτόνομων πλοίων. Στην παρούσα ενότητα, θα παρουσιαστεί το πρόσφατα δημοσίως κοινοποιημένο σύστημα απομακρυσμένης ασφάλειας και ελέγχου των τετράχρονων προωστήριων ναυτικών κινητήρων της MAN Energy Solutions, SaCoS_one Large (PrimeServ, 2020).

4.1 Εφαρμογή προϊόντος SaCoS_one Large

Το SaCoSone LARGE αποτελεί ένα σύστημα ελέγχου και παρακολούθησης των τετράχρονων ναυτικών κινητήρων καύσεως, το οποίο αναλαμβάνει απομακρυσμένα όλες τις εργασίες αυτοματισμού που απαιτούνται για την εγγυημένη ασφάλεια τόσο της μηχανής όσο και ολόκληρου του σκάφους. Υποστηρίζεται από μηχανές απομακρυσμένης λειτουργίας και αποτελεί το μέσο ελέγχου όλων των εσωτερικών λειτουργιών του κινητήρα και της ταχύτητας αυτού. Η εφαρμογή του είναι διευρυμένη και συναντάται σε μηχανικά και ηλεκτρικά σκάφη, καθώς και σε πλήθος σταθερών και κινητών εγκαταστάσεων.

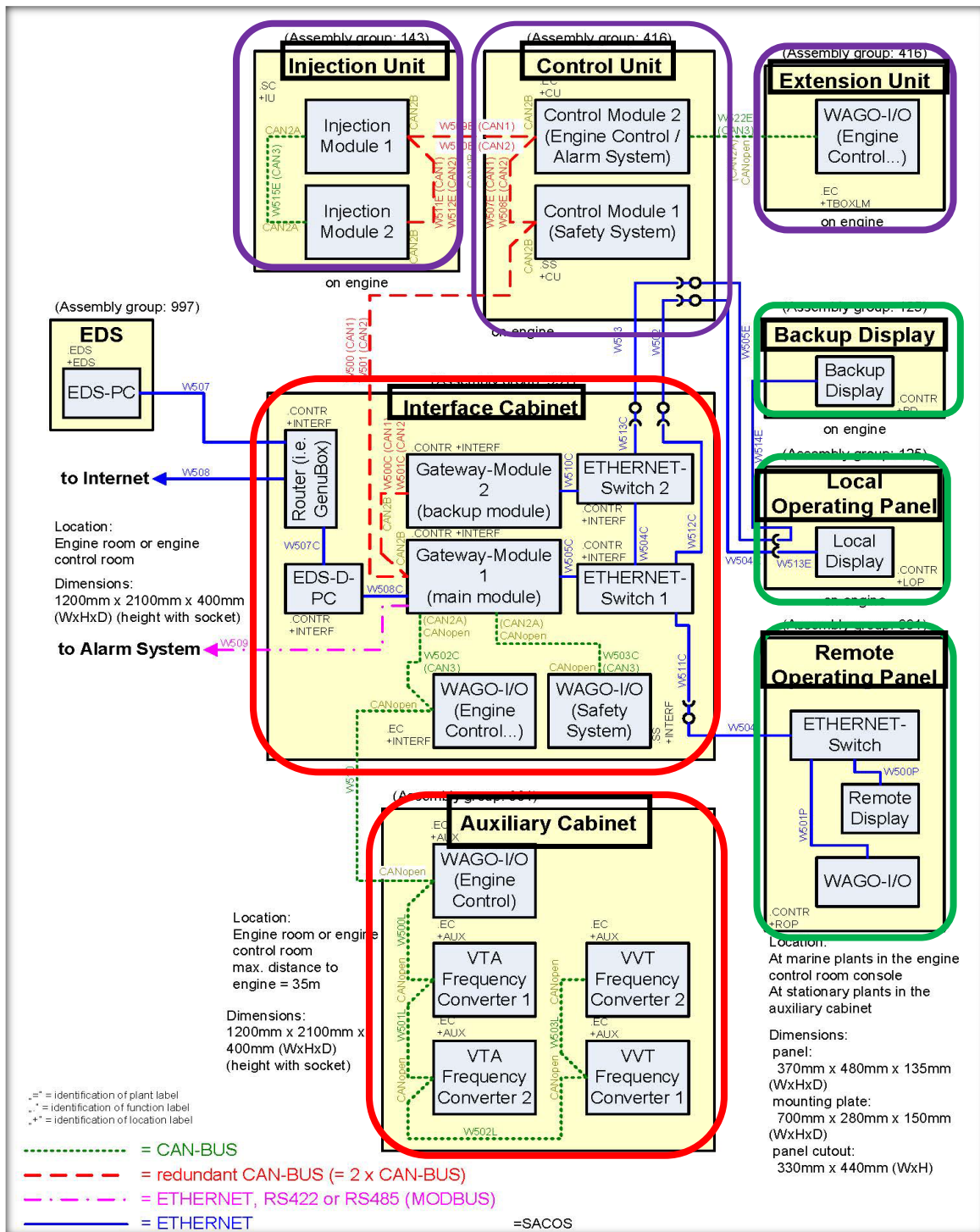
4.2 Επισκόπηση Συστήματος

Το SaCoSone LARGE πληροί όλες τις απαιτήσεις των νηογνομόνων για τα συστήματα ασφαλείας & ελέγχου του κινητήρα. Το σύστημα αναλαμβάνει την αυτοματοποίηση όλων των εσωτερικών λειτουργιών ελέγχου του κινητήρα και παράλληλα επιτυγχάνει την πλήρη καθοδήγησή τους, όπως για παράδειγμα η διαδικασία της έναρξης και διακοπής λειτουργίας. Επιπλέον, ο ηλεκτρονικός έλεγχος της ταχύτητας του κινητήρα αποτελεί βασική παράμετρο ελέγχου του SaCoSone LARGE. Σχετικά με τα θαλάσσια συστήματα προώθησης με έλικα σταθερού βήματος, το SaCoSone LARGE έχει τη δυνατότητα να μπορεί προαιρετικά να αναλαμβάνει τον έλεγχο της ζεύξης.

Ο σχεδιασμός του SaCoSone LARGE βασίζεται σε δοκιμασμένες ηλεκτρονικές μονάδες και υλικά που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για χρήση σε τετράχρονους κινητήρες μεσαίας ταχύτητας. Όλα τα μεγάλα εξαρτήματα αποτελούν μέρος του κινητήρα και ελέγχονται σαν ένα ενιαίο συστήματα λειτουργίας. Για την καλύτερη διασφάλιση της αξιοπιστίας κατά τη διάρκεια των δοκιμών όλα τα επιμέρους συστήματα του SaCoSone LARGE αξιολογούνται για τις επιδόσεις τους, τόσο ως μονάδες, όσα και σαν συστήματα αλληλεπίδρασης μεταξύ τους.

Όλοι οι αισθητήρες, οι ενεργοποιητές και οι συσκευές λειτουργίας στον κινητήρα συνδέονται απευθείας με τα εξαρτήματα του SaCoSone LARGE που είναι τοποθετημένα στον κινητήρα. Με αυτό τον τρόπο διασύνδεσης οποιαδήποτε πληροφορία εισέρχεται και εξέρχεται από το σύστημα είναι πλήρως καθορισμένη από το λογισμικό του SaCoSone LARGE. Για την καλύτερη κατανόηση της λειτουργίας του πλήρως αυτοματοποιημένου αυτού συστήματος θα παρουσιαστεί μία γραφική απεικόνιση (εικόνα ταδε) των υποσυστημάτων και μία σύντομη περιγραφή τους.

Αρχικά θα παρουσιαστούν συνοπτικά οι ηλεκτρονικές μονάδες – control unit, injection unit & extension unit, στη συνέχεια οι πίνακες και τα ντουλάπια ελέγχου – local, external, remote operating panels & interface, auxiliary & remote access cabinet και τέλος οι διάφορες κατηγορίες μετρητών που υπάρχουν στο μηχανοστάσιο – speed, pressure & temperature.



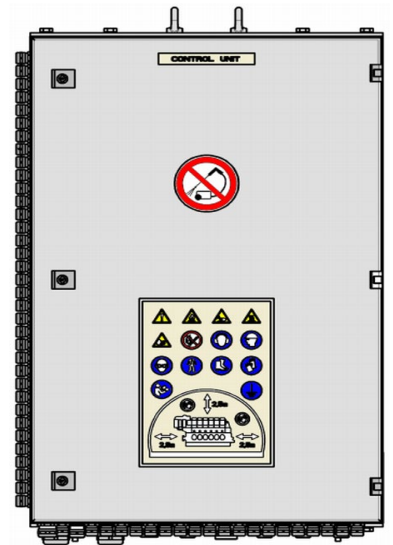
Εικόνα 25 - SaCos one BUS-Structure for 32/44 CR (MAN ES)

4.3 Ηλεκτρονικές μονάδες του κινητήρα

Δομή εξοπλισμού – Hardware structure

4.3.1 Control Unit (Μονάδα Ελέγχου)

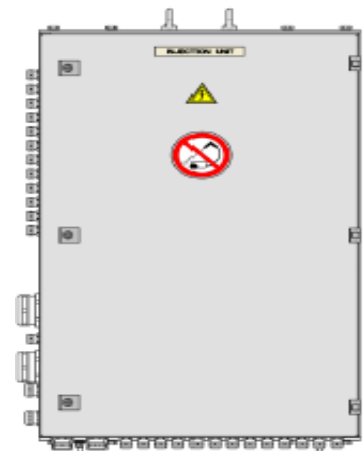
Το σύστημα του ελέγχου περιέχει δύο πανομοιότυπες και πολύ καλά ενσωματωμένες μονάδες ελέγχου. Η πρώτη μονάδα διαθέτει ένα εγκατεστημένο σύστημα ασφάλειας του κινητήρα και στη δεύτερη μονάδα τοποθετείται το σύστημα ελέγχου του κινητήρα και το σύστημα του συναγερμού (αυτό αφορά όλα τα alarms που μπορεί να ενεργοποιηθούν τόσο στη πλεύση όσο και σε κατάσταση στασιμότητας εξαιτίας κάποιας ανωμαλίας). Και οι δύο μονάδες λειτουργούν ανεξάρτητα η μία από την άλλη, ωστόσο, συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός εσωτερικού διαύλου επικοινωνίας για αποτελεσματικότερη αλληλεπίδραση και αξιοπιστία. Κάθε μονάδα ελέγχου διαθέτει ειδικούς αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή των τιμών λειτουργίας της μηχανής.



Εικόνα 26 - Control Unit (MAN ES)

4.3.2 Injection Unit (Μονάδα Έγχυσης)

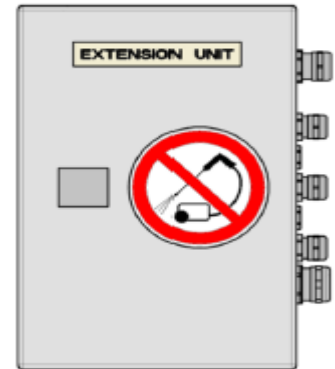
Η μονάδα της έγχυσης περιλαμβάνει δυο μονάδες μέτρησης της έγχυσης. Όπως όλα τα συστήματα που συναντώνται στα αυτόνομα πλοία έτσι και εδώ, υπάρχει ζυγός αριθμός συστημάτων για να εξασφαλίζεται επάρκεια και αξιοπιστία. Το δεύτερο σύστημα χρησιμεύει ως εφεδρικό και αναλαμβάνει τον έλεγχο της ταχύτητας και την ενεργοποίηση των βαλβίδων ψεκασμού χωρίς διακοπή εάν σημειωθεί αποτυχία στη λειτουργία της πρώτης μονάδας. Και τα δύο τμήματα συνδέονται απευθείας στον κινητήρα



Εικόνα 27-Injection Unit (MAN ES)

4.3.3 Extension Unit (Μονάδα Επέκτασης)

Η μονάδα επέκτασης συνδέεται απευθείας στον κινητήρα και ταυτόχρονα συνδέεται και στη μονάδα ελέγχου μέσω ενός διαύλου CAN (Raab, 1988). Διαφόρων ειδών αισθητήρες συνδέονται στη μονάδα επέκτασης καταγράφοντας ενδείξεις σωστής και βέλτιστης λειτουργίας της μηχανής.



Εικόνα 28 - Extension Unit (MAN ES)

4.4 Control Cabinets

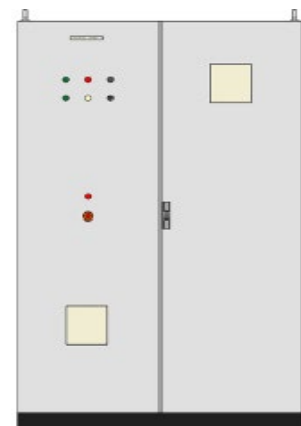
Τα ερμάρια ελέγχου για SaCoSone που δεν είναι εγκατεστημένα στον κινητήρα μπορούν να αναγνωριστούν με βάση τα ακόλουθα κριτήρια:

- Κατηγορία προστασίας: IP54 (Fan, 2018)
- Υλικό: χάλυβας
- Χρώμα: MAN standard RAL 7035 (ανοιχτό γκρι) με δομή επιπλέον επίστρωσης για μεγαλύτερη αντοχή σε θερμοκρασίες και πιέσεις

4.4.1 Interface Cabinet

Το Interface Cabinet χρησιμεύει ως διεπαφή επικοινωνίας μεταξύ του SaCo-Sone, του συνολικού συστήματος ελέγχου της εγκατάστασης και του συστήματος τροφοδοσίας της εγκατάστασης. Το “ντουλάπι” διασύνδεσης διαθέτει δύο Gateway Modules (Katekar, 2017), καθένα από τα οποία παρέχει κανάλια εισόδου και εξόδου, καθώς και διάφορες διεπαφές για τη σύνδεση αυτοματοποιημένων συστημάτων εγκαταστάσεων / πλοίων, ROP και Online Service.

Το Interface Cabinet χρησιμεύει ως κεντρικό σημείο σύνδεσης για μια αλληλουχία τροφοδοτικών μηχανημάτων φωτισμού, κλιματισμού, βαλβίδες ελέγχου θερμοκρασίας, θερμαντήρες συμπύκνωσης κ.λπ.

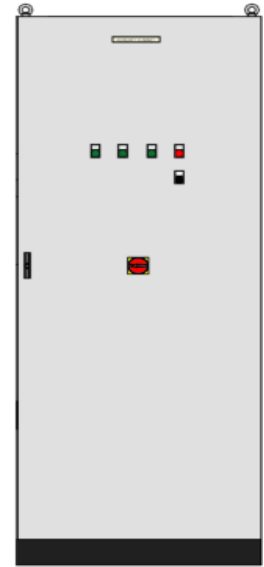


Εικόνα 29- Interface Cabinet(MAN ES)

4.4.2 Auxiliary Cabinet

Το βοηθητικό ερμάριο είναι το κεντρικό σημείο σύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο της εγκατάστασης ή του πλοίου για την τροφοδοσία 24 V DC, 230 V AC και 400 V AC του κινητήρα (ABB, 1999).

Περιέχει τον εκκινητή για τις αντλίες λαδιού κινητήρα, τις βαλβίδες ελέγχου θερμοκρασίας, την ηλεκτρική αντλία υψηλής πίεσης για έγχυση λαδιού πιλότου, καθώς και τις μονάδες οδήγησης του ενεργοποιητή καυσίμου, VVT (Variable Valve Timing) ή VTA (Vertical Tracking Angle).

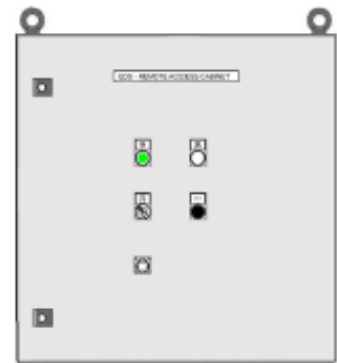


Εικόνα 30 - Auxiliary Cabinet (MAN ES)

4.4.3 Remote Access Cabinet (RAC)

Το Remote Access Cabinet αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του συστήματος απομακρυσμένης πρόσβασης και ελέγχει τη σύνδεση δεδομένων και την ασφαλή μεταφοράς τους.

Το RAC συνδέεται στο ερμάριο διασύνδεσης (Interface Cabinet) μέσω ενός καλωδίου τροφοδοσίας και ενός ακόμα καλωδίου ethernet.



Εικόνα 31 - Remote Access Cabinet (MAN ES)

4.5. Control Panels

4.5.1 Τοπικός πίνακας λειτουργίας (Local Operating Panel)

Ο κινητήρας του σκάφους είναι εξοπλισμένος με ένα τοπικό χειριστήριο λειτουργίας (LOP) το οποίο έχει τη δυνατότητα της απόσβεσης των κραδασμών βελτιστοποιώντας έτσι την επικοινωνία με τα συνδεδεμένα υποσυστήματα. Στην φωτογραφία που παρατίθεται, εικόνα 24, αυτός ο πίνακας λειτουργίας φαίνεται εξοπλισμένος με μία οθόνη αφής όπου εκεί εμφανίζονται όλες οι τιμές λειτουργίας και οι μετρήσεις των συστημάτων. Οι λειτουργίες του κινητήρα μπορούν να

ελεγχθούν πλήρως από το LOP. Πρόσθετα κουμπιά ενσύρματης σύνδεσης παρέχονται για σημαντικές λειτουργίες.

Σε αρκετούς κινητήρες πρόωσης οι μονάδες αυτές είναι εξοπλισμένες με περισσότερες από μία οθόνες έτσι ώστε να πετυχαίνετε καλύτερη και λεπτομερέστερη ανάλυση των δεδομένων.



Εικόνα 32 - Local Operating Panel(MAN ES)

4.5.2 Remote Operating Panel (Πίνακας Απομακρυσμένης Λειτουργίας)

Ο πίνακας της απομακρυσμένης λειτουργίας, εικόνα 25, (ROP) επιτρέπει τη λειτουργία του κινητήρα από μια αίθουσα ελέγχου τοποθετημένη στη στεριά. Ως τρόπος λειτουργίας, όλες οι συνθήκες και προδιαγραφές είναι οι ίδιες με αυτές του τοπικού πίνακα λειτουργίας. Σαν βασικό χαρακτηριστικό, επικρατεί η εξουσιοδότηση τους συγκεκριμένου συστήματος να μεταφέρει όλες τις λειτουργίες της μηχανής από τον πίνακα απομακρυσμένης λειτουργίας σε αυτή των αυτόνομων συστημάτων όπως για παράδειγμα, ο έλεγχος της κίνησης, η διαχείριση της ισχύος.



Εικόνα 33 - Remote Operating Panel(MAN ES)

4.5.3 External Operating Panel (Εξωτερικός πίνακας λειτουργίας)

Ο εξωτερικός πίνακας λειτουργίας (EOP) επιτρέπει τη διαχείριση του κινητήρα από τη γέφυρα. Σαν σύστημα, έχει τις ίδιες λειτουργίες με το Local Operating Panel και συναντάται σαν ένα πλήρως αυτόνομο υποσύστημα.

Σε αντίθεση με τους δύο προηγούμενους πίνακες λειτουργίας, ο εξωτερικός πίνακας περιέχει μία οθόνη στην οποία τοποθετείται και η άδεια διασύνδεσης με την γέφυρα. Σαν τμήμα hardware, οι εξωτερικές διαστάσεις και οι λειτουργίες είναι ίδιες με το ROP (εικόνα 26). Οι διάφοροι λαμπτήρες ελέγχου και τα φωτιζόμενα κουμπιά συγκεντρώνονται ανάλογα με τον τύπο και της δυνατότητες λειτουργίας του κάθε κινητήρα..



Εικόνα 34 - External Operating Panel (MAN ES)

4.6 Αισθητήρες

Στην τρίτη ενότητα, και συγκεκριμένα στην ανάλυση του μοντέλου Marof Ashore, αναφέραμε την αναγκαιότητα εγκατάστασης μηχανισμών οι οποίοι μπορούν πλήρως να λειτουργούν ως μηχανισμοί ανίχνευσης – σαν τις ανθρώπινες αισθήσεις. Συγκεκριμένα λοιπόν, τα αυτόνομα συστήματα είναι πλήρως εξοπλισμένα με υψηλών προδιαγραφών αισθητήρες. Στις επιμέρους υποενότητες θα παρουσιαστούν οι κατηγορίες των αισθητήρων που χαρακτηρίζουν τη λειτουργία του αυτόνομου κινητήρα.

4.6.1 Temperature Sensors (Αισθητήρες θερμοκρασίας)

- Pt1000 sensors - αισθητήρες θερμοκρασίας για μετρήσεις ως 250° C. Στις περισσότερες περιπτώσεις η τοποθέτηση αφορά τον τύπο του Double-Pt1000 έτσι ώστε να εξασφαλίζεται πλεονασμός στον κινητήρα.

Στην εικόνα 27 αναπαρίσταται μία τυπική απεικόνιση ενός μοντέλου Double - Pt1000 με όλη την απαραίτητη καλωδίωση για την απευθείας τοποθέτησής της. Καθοριστικό ρόλο στην σωστή λειτουργία ενός αισθητήρα έχει η άρτια βαθμονόμησή του κατά έναρξη της λειτουργίας του. Ρυθμίζονται οι επιτρεπτές αποκλίσεις, τα όρια, το αποδεκτό ποσοστό του σφάλματος και η συχνότητα ελέγχου της καλής λειτουργίας τη συσκευής (ΓΕΩΡΓΙΟΣ, 2017).



Εικόνα 35 - Double - Pt1000(MAN ES)

- Θερμοστοιχεία NiCr-Ni (εικόνα 28) - τα θερμοστοιχεία NiCr-Ni τύπου K χρησιμοποιούνται για την καταγραφή των θερμοκρασιών των καυσαερίων και βρίσκονται σταθερά βιδωμένα στις διάφορες εισόδους και εξόδους του κινητήρα (Dimoulas, 1994).



Εικόνα 36 - NiCr-Ni(MAN ES)

4.6.2 Pressure Transmitter (Πομπός Πίεσης)

Όλοι οι πομποί πίεσης έχουν ως αρχή λειτουργίας τους το διαφορικό μοντέλο πίεσης – Δp (AUA, n.d.) Για την ασφαλέστερη λειτουργία τους έχουν πραγματοποιηθεί οι αναγκαίες ρυθμίσεις και η σχετική βαθμονόμηση κατά τη διαδικασία της παραγωγής τους – είναι δηλαδή συστήματα που διανέμονται έτοιμα και προκαθορισμένα από την άποψη των δεδομένων που καταμετρούν. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στο χειριστή να μην χρειάζεται να εκτελέσει την αντιστάθμιση της θερμοκρασίας, τη ρύθμιση του μηδενός και την τοποθέτηση του εύρους των μετρήσεων.



Εικόνα 37 - Pressure Transmitter(MAN ES)

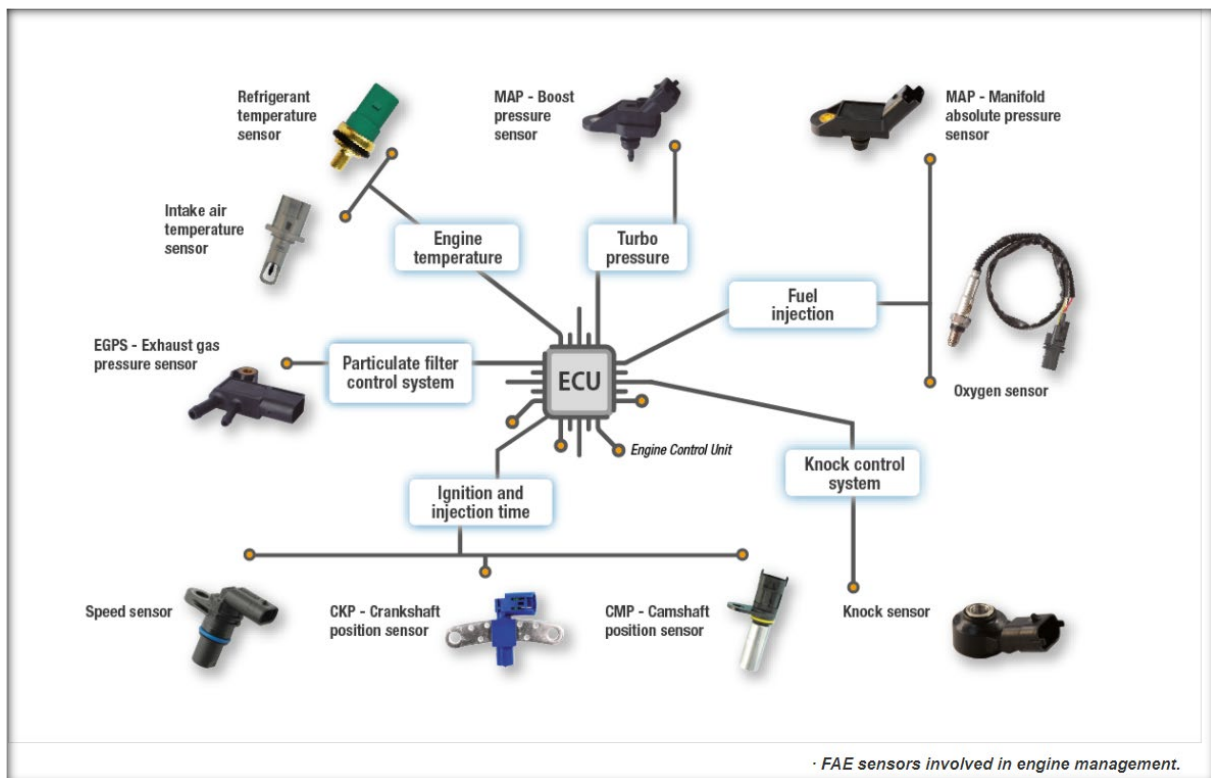
4.6.3 Speed Sensors (Αισθητήρες Ταχύτητας)

Πλήρως αυτόματοι αισθητήρες με εξελιγμένες τεχνολογίες καταγραφής παλμών - χωρίς επαφή - χρησιμοποιούνται για της καταγραφή ταχύτητας. Σε όλους τους μηχανισμούς αυτούς τα όρια λειτουργίας είναι πάντα ρυθμιζόμενα ανάλογα με την ιδιότητα της ταχύτητας που επιθυμεί ο χρήστης να καταγράψει και υπάρχει πάντα σχετική σήμανσή (alarm) στα κρίσιμα επίπεδα λειτουργίας.



Εικόνα 38 - Speed Sensor (MAN ES)

Συνοπτικά, στην παρακάτω απεικόνιση συναντώνται όλοι οι πιθανές μορφές αισθητήρων που μπορούν να συνδεθούν σε ένα σύστημα/συσκευή λειτουργίας του ναυτικού κινητήρα.



Εικόνα 39 – Αισθητήρες (MAN ES)

Συμπεράσματα

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 αρκετά ερευνητικά μοντέλα, προσδιορίστηκε και εκτιμήθηκε η ποσοτική 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. 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 ποιος θα είναι ο συνολικός βαθμός αξιοπιστίας των συστημάτων που θα υπάρχουν στα πλοία αυτά. 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 καθώς δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα για αξιολόγηση.

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 και όλα τα συστήματα που θα τοποθετούνται στα πλοία αυτής της λογικής να έχουν έναν εξαιρετικά ικανοποιητικό βαθμό αξιοπιστίας.

BIBLIOGRAPHY

ABB, 1999. *Βυσματωτά ρελέ CR-P, CR-M, CR-U*. [Online]

Available at:

https://library.e.abb.com/public/e1939eec0cab0892c125776d003b009f/Pluggable_interface_relays_CR-P_CR-M_CR-U_range.pdf

Anon., 2007. *maritime-connector*. [Online]

Available at: <http://maritime-connector.com/wiki/capesize/>

Anon., 2012. *Inmarsat*. [Online]

Available at: <https://www.inmarsat.com/en/about/technology/satellites.html>

Anon., 2016. *Drewry*. [Online]

Available at: <https://www.drewry.co.uk/news/news/container-shipping-profitability-to-deteriorate-in-2016>

Anon., 2016. *e-Nautilia*. [Online]

Available at: <https://e-nautilia.gr/katigories-kai-eidi-ploiw/>

Anon., 2019. *Annual Report*, Gothenburg: The Swedish Club.

Anon., kein Datum *Wastewater and Advanced Wastewater Treatment Systems*. [Online]

Available at: <https://www.ship-technology.com/contractors/wastewater/hamworthy-water/>

AUA, B. -, kein Datum *Ρευστομηχανική*. [Online]

Available at: https://www.aua.gr/~bethanis/fluids_statics.pdf

Bertram, V., 15-17 May 2017. *Computer and IT Applications in the Maritime Industries*. Cardiff, s.n.

Bodegraven, K. S. v., 2010. *Intelligent Control Systems for Navy Ships*, s.l.: s.n.

Bousonville, T., 2017. *Technologische Voraussetzungen für Logistik 4.0*. s.l.:s.n.

Brown, P., 2020. The race to autonomous shipping. 4 April.

CML, F., 2016. *Welcome to the MUNIN Project web page*. [Online]

Available at: <http://www.unmanned-ship.org/munin/>

Dimoulas, S., 1994. *Sensors*. [Online]

Available at: http://library.tee.gr/digital/techr/1994/techr_1994_2_ekt_b_45.pdf

Dombrowski, U., 2014. *ScienceDirect, Mental strain as field of action in the 4th industrial revolution*.

[Online]

Available at: <file:///C:/Users/vapa/Downloads/mental-strain-as-field-of-action-in-the-4th-industrial-revolution.pdf>

EMSA - Agency, E. M. S., 2020. *Annual Overview of Marine Casualties & Incidents 2020*, s.l.: European Maritime Safety Agency.

Esa Jokioinen, Jonne Poikonen, Mika Hyvonen, Antti Kolu, Tero Jokela, Jari Tissar, Ari Paasio, Mika Viljanen, 2016. *Advanced Autonomous Waterborne Applications (AAWA)*, London: Rolls-Royce.

ES, T. D. o. M., 1984. *MAN PrimeServ*. [Online]

Available at: <https://primeserv.man-es.com/marine-engines-and-systems/four-stroke>

Fan, D., 2018. *Ingress Protection IP54 / IP55 / IP56*. [Online].

Gardiner, N. a. J. N., 17 November 2015. *Ship Operating Costs - Annual Review & Forecast*.

Hans-Christoph Burmeister, Wilko Bruhn, Ørnulf Jan Rødseth, Thomas Porathe, 2014. *Autonomous Unmanned Merchant Vessel and its Contribution towards the e-Navigation Implementation: The MUNIN Perspective*. s.l., s.n.

Katekar, A., 2017. *Quora*. [Online].

Kongsberg, 2020. *Autonomous Shipping*. [Online]

Available at: <https://www.kongsberg.com/maritime/support/themes/autonomous-shipping/>

Lambrou, M., 2017. *Shipping 4.0: Technology Stack and Digital Innovation Challenges*. Kyoto Japan, s.n.

Levander O., F. T., 2018. *Rolls-Royce looks to plot a course to the future with drone ships*. [Online]

Available at: <https://www.ft.com/content/b299c77c6c00-11e3-85b1-00144feabdc0>

Levander, O., 2017. *Autonomous ships on the high seas*. Plymouth, IEEE Spectrum.

MarLink, 2000. *WHAT IS MARITIME VSAT?*. Norway: s.n.

Martijn Lucas & Martijn van Zon, 2021. *A guide towards remotely operated engine rooms*, s.l.: s.n.

Mikael Makinen, P. R.-R. M., 2006. *Autonomous shipping*. [Tonaufnahme] (Rolls-Royce Marine).

Mishra, B., 2020. *Augmented Reality in Shipping and Maritime Industry*, s.l.: s.n.

Murphy, C. B., 2020. [Online]

Available at: <https://www.investopedia.com/terms/o/operating-cost.asp>

[Zugriff am 27 December 2020].

ORGANIZATION, I. M., 2000. *PRINCIPLES OF SAFE MANNING*. [Online]

Available at:

[https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.890\(21\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.890(21).pdf)

Ørnulf Jan Rødseth & Håvard Nordahl, 2017. *Definition of autonomy levels for merchant ships, Report from NFAS, Norwegian Forum for Autonomous Ships*, s.l.: NFAS, Norwegian Forum for Autonomous Ships.

P. Harts, M. Klip, H.A. Krul, G.A. van Leunen & R. van Ree, 2018. *Domain description Maritime Operations*, s.l.: s.n.

Pelsor, C., 2018. *Technology Outlook 2030*, Høvik, Norway: Tiffany Hildre.

- PrimeServ, M., 2020. *The future of Engine Automation*. [Online]
Available at: https://spain.man-es.com/docs/librariesprovider10/PrimeServ_MDT-Spain/u-r-motores-de-cuatro-tiempos-man-augsburgo/sacosone---the-future-of-engine-automation.pdf?sfvrsn=8c482da2_4
- Raab, A., 1988. *Διάλογος CAN*. [Online]
Available at: http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/diaulos_CAN.pdf
- Radioholland, kein Datum s.l.:s.n.
- Schönknecht, R., 1983. *Ships And Shipping Of Tomorrow*. First UK Edition Hrsg. Hounslow: MacGregor Publications Ltd..
- Smit, C.S., Janssen, J.A.A.J., van Bodegraven, K.S., Logtmeijer, R.A., Stanley, J., de Wildt, F.W.J., Annakin, B. & Doherty, G., 15-17 May 2012. *Reducing the effect of damage on operational effectiveness with DINCS technology*. Edinburgh, Scotland, UK, 11th International Naval Engineering Conference and Exhibition, INEC 2012.
- SOLAS, 1974. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974.
- Stopford, M., 2009. Maritime Economics. In: T. & F. Group, Hrsg. *Maritime Economics*. London: Routledge, p. 793.
- Sutton, R. I., 2010. *The "Do It Right, Or Don't Do It" Philosophy*. [Online]
Available at: <https://www.psychologytoday.com/intl/blog/work-matters/201006/the-do-it-right-or-dont-do-it-philosophy>
- Union, I. T., 2012. *Y.2060 : Overview of the Internet of things*. [Online]
Available at: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-l/en>
- Woodyard, D., 2009. *Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines*. s.l.:s.n.
- Zangrando, N. C. & L., 2020. *Maritime Startup and Innovation Ecosystem Report*, s.l.: s.n.
- ΓΕΩΡΓΙΟΣ, Κ., 2017. *Βαθμονόμηση αισθητήρα θερμοκρασίας σε dry-well*. [Online]
Available at:
http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3831/Kastritis_Final%20CF%84%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%BF%21%21.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο, 2000. *Η Α' Βιομηχανική Επανάσταση*. [Online]
Available at:
<https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/ECON239/%CE%9C%CE%AC%CE%B8%CE%B7%CE%BC%CE%B1%206%20%CE%97%20%CE%91%20%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%95%CF%80%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7.pdf>
- ΛΑΛΕΟΓΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ & ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΣ ΑΛΕΞΗΣ, 2011. *ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΛΑΔΟ ΤΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ*. [Online]
Available at: <http://83.212.168.57/jspui/bitstream/123456789/2019/1/012012042.pdf>

ΛΑΟΤΡΑ, Θ.-Κ., 2013. *Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα και Εφαρμογές στα Συστήματα Αυτόματου Ελέγχου*. [Online]

Available at:

<https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/6401/1/%CE%B4%CE%B9%CF%80%CE%BB%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B7.pdf>

Ντότσικας, Ι., kein Datum *Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα*. [Online]

Available at:

<https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/CHEM234/Artificial%20Neural%20Networks.pdf>

Σπένδας, Α., 2012. *Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων*, σ.λ.: Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών.

