



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΙΓΑΙΟΥ**

Τμήμα Ναυτιλίας και  
Βιομηχανικής  
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών

**&**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

Τμήμα Μηχανικών

Σχεδίασης και Παραγωγής



---

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

**ΠΡΟΤΑΣΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

**Προτεινόμενος Τίτλος Διατριβής:**

***ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΠΛΟΙΑ: ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ***

---

**Προτεινόμενος Τίτλος Αγγλικά:**

***AUTONOMOUS SHIPS: THE FUTURE OF SHIPPING***

---

**Όνοματεπώνυμο Σπουδαστή:**

***ΘΕΟΧΑΡΑΤΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ***

---

**Όνοματεπώνυμο Υπεύθυνου Καθηγητή:**

***ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ***

---

**ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2019**

---



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΙΓΑΙΟΥ**

Τμήμα Ναυτιλίας και  
Βιομηχανικής  
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών

**&**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

Τμήμα Μηχανικών

Σχεδίασης και Παραγωγής



## Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής

**ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ**

---

**ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ ΜΙΧΑΗΛ**

---

**ΠΑΠΑΧΡΗΣΤΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

---



#### ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος ΘΕΟΧΑΡΑΤΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ του ΠΑΥΛΟΥ με αριθμό μητρώου .....92..... φοιτητής του Διιδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής της Σχολής Μηχανικών Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρίσιμη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ο Δηλών

ΘΕΟΧΑΡΑΤΟΣ  
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΙΓΑΙΟΥ**

Τμήμα Ναυτιλίας και  
Βιομηχανικής  
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών

&

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

Τμήμα Μηχανικών

Σχεδίασης και Παραγωγής



**ΤΙΤΛΟΣ**

**ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΠΛΟΙΑ: ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ**

**ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ**

**ΘΕΟΧΑΡΑΤΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

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



Ευχαριστίες.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους τους ανθρώπους οι οποίοι πίστεψαν σε εμένα και με ενθάρρυναν σε κάθε στάδιο των σπουδών μου.

Πρωτίστως θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στο οικογενειακό μου περιβάλλον που συνέβαλλαν οικονομικά για να λάβω μέρος σε ένα τόσο σπουδαίο πρόγραμμα σπουδών.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θέλω να εκφράσω προς την σύντροφο μου η οποία με στήριξε και αυτή από την πλευρά της καθ'όλη την διάρκεια των σπουδών μου ενώ στην συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον επιβλέποντα καθηγητή μου Νικολάου Γρηγόριο για τις συμβουλές που μου παρείχε καθ'όλη την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής διατριβής.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανάπτυξη και η εδραίωση νέων τεχνολογιών καθώς και η εξέλιξη της ρομποτικής δεν θα μπορούσαν να αφήσουν ανεπηρέαστο και τον κλάδο της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Το διεθνές θαλάσσιο εμπόριο πάνω στο οποίο στηρίζεται η οικονομία και η ανάπτυξη πολλών κρατών επρόκειτο να επηρεαστεί σε μεγάλο βαθμό τα επόμενα χρόνια με την ναυπήγηση και την εδραίωση των αυτόνομων πλοίων. Επί της ουσίας επρόκειτο για πλοία στα όποια θα συναντήσουμε προηγμένα συστήματα αυτοματισμού τα όποια θα αποσκοπούν κυρίως στην βελτίωση της πλοήγησης και της ασφάλειας κατά την διάρκεια της πλεύσης.

Έτσι λοιπόν ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής διατριβής θα είναι μια εκτενής παρουσίαση και ανάλυση μιας σημαντικής καινοτομίας η όποια θα επιφέρει σπουδαίες και ριζικές αλλαγές στο παρόν αλλά και το μέλλον της ναυτιλιακής βιομηχανίας.

Μέσα από την συγκεκριμένη διατριβή θα παρουσιαστεί η ιστορική ανάδρομη του πρώτου αυτόνομου πλοίου από την ανάπτυξη της ιδέας μέχρι και την υλοποίηση της. Θα αναλύσουμε τα πλεονεκτήματα των αυτόνομων πλοίων αλλά και τα μειονεκτήματα που θα έχουμε να αντιμετωπίσουμε όπως επίσης και τις τεχνολογίες που θα συναντάμε μέσα σε αυτά είτε ως μηχανικοί είτε ως επιβάτες. Σημαντική θα είναι και η αναφορά για την ασφάλεια που θα παρέχεται με την χρήση τους σε όλους όσους αποφασίσουν να κάνουν χρήση των συγκεκριμένων πλοίων.

Τέλος δεν γίνεται να μην υπάρξει αναφορά και σύγκριση των αυτόνομων πλοίων έναντι των συμβατικών μιας και η τάση αντικατάστασης των συγκεκριμένων θα αυξάνεται ολοένα και περισσότερο με την πάροδο των χρόνων.

### Λέξεις Κλειδιά:

- Αυτόνομο Πλοίο
- Καινοτομία
- Πλεονεκτήματα
- Μειονεκτήματα
- Ασφάλεια
- Τεχνολογίες



## Abstract

The development of new technologies and the significant progress in the field of robotics have undoubtedly had a great impact on the shipping industry. The economic prosperity of many countries is based on the international maritime trade which is going to be influenced to a great extent in the future thanks to the construction of autonomous ships. More specifically, ships with fully modernized automation systems will contribute to improving navigation and safety levels while sailing.

The aim of the present study is to provide a detailed description and analysis of an important innovation which will bring about radical changes in the shipping industry in the future. Firstly, the historical evolution of the first autonomous ship will be presented. Secondly, the strengths and weak points of autonomous ships will be analyzed as well as the existing technologies both mechanics and passengers can use on such ships. Emphasis will, also, be put on a description of the safety systems available for those who intend to use the specific type of ships.

Finally, there will be a comparison between the autonomous ships and the current passenger ships given the increasing demand for more automated systems with the passage of time.

### Key words:

- Autonomous ship
- Novelties
- Strengths
- Weak points
- Safety systems
- Technology



## Περιεχόμενα

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>6</b>
<b>1.ΚΕΦΑΛΑΙΟ :ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ</b> .....	<b>12</b>
1.1 Η εξέλιξη των πλοίων στην Αρχαιότητα .....	12
1.2 Η εξέλιξη των πλοίων στον Μεσαίωνα.....	13
1.3 Η εποχή των μεγάλων Ιστιοφόρων .....	15
1.4 Η επικράτηση των Ατμόπλοιων-Εποχή της μηχανής .....	18
1.5 20ος Αιώνας: Πετρελαιοκίνητα Πλοία .....	19
1.6 Εισαγωγή στην εποχή των αυτόνομων πλοίων .....	21
<b>2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ – ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΠΛΟΙΩΝ</b> .....	<b>25</b>
2.1 Συμβατικά πλοία.....	26
2.2 Αυτόνομα πλοία - Τηλεκατευθυνόμενα πλοία .....	27
2.3 Βαθμίδες αυτονομίας .....	28
<b>3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΠΛΟΙΩΝ</b> .....	<b>31</b>
<b>3.1 AAWA Initiative</b> .....	<b>31</b>
3.1.1 Τεχνολογία του AAWA .....	33
3.1.2 Αυτόνομη πλοήγηση του πλοίου .....	34
3.1.3 Επίγνωση της κατάστασης (SA) για αυτόνομα πλοία .....	38
3.1.4 Επικοινωνία εκτός πλοίου.....	44
<b>3.2 MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence Networks)</b> ...	<b>45</b>
3.2.1 E-Navigation.....	46
3.2.2 Οικονομικό Μοντέλο .....	49
3.2.3 Το όραμα και η λογική του έργου.....	50
3.2.4 Αρχιτεκτονική MUNIN.....	51
3.2.5 Η συμβολή του MUNIN στην ηλεκτρονική πλοήγηση .....	55
3.2.6 Βελτιωμένη αξιοπιστία των πληροφοριών πλοήγησης.....	55
3.2.7 Παρακολούθηση από την ακτή.....	56
3.2.8 Συμπεράσματα .....	57
<b>3.3 ReVolt Project</b> .....	<b>57</b>
3.3.1 Η ιδέα του έργου.....	57
3.3.2 Τεχνικές Πληροφορίες .....	58





---

3.3.3 Ζητήματα ενεργειακής απόδοσης και ετήσια εξοικονόμηση.....	58
3.3.4 Όραμα του έργου και τα επόμενα βήματα. ....	59
3.3.5 Χαρακτηριστικά του σκάφους.....	60
3.4 Yara Birkeland: Αυτόνομο σκάφος εμπορευματοκιβωτίων .....	61
3.4.1 Το πλοίο .....	61
3.4.2. Κύρια στοιχεία πλοίου Yara Birkeland.....	62
3.4.3. Επιχειρησιακός χώρος δράσης του Yara Birkeland.....	63
3.4.4 Πλοήγηση και επικοινωνίες .....	64
3.4.5 Συστήματα χειρισμού φορτίου στο Yara Birkeland .....	64
3.4.6. Προώθηση και απόδοση του αυτόνομου δοχείου εμπορευμάτων.....	64
4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΠΛΟΙΩΝ.....	65
4.1 Πλεονεκτήματα αυτόνομων πλοίων .....	65
4.2 Μειονεκτήματα αυτόνομων πλοίων .....	67
5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΕΝΔΕΧΕΤΑΙ ΝΑ ΠΡΟΚΥΨΟΥΝ .....	69
5.1 Οι νομικές προκλήσεις των μη επανδρωμένων πλοίων στον ιδιωτικό ναυτικό νόμο. ....	69
5.2 Λειτουργικές προκλήσεις.....	72
5.3 Προκλήσεις ασφαλείας .....	73
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	74
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ.....	76



Κατάλογος εικόνων.

Εικόνα 1.	Καράκα με τρία κατάρτια.	Σελ. 13
Εικόνα 2.	Γαλέρα.	Σελ. 15
Εικόνα 3.	Πολεμικό ιστιοφόρο- Φρεγάτα.	Σελ. 16
Εικόνα 4.	Ατμόπλοιο.	Σελ. 17
Εικόνα 5.	Πλοίο 20ου αιώνα – Πετρελαιοκίνητο.	Σελ. 19
Εικόνα 6.	C- Worker.	Σελ. 22
Εικόνα 7.	C- Worker.	Σελ. 23
Εικόνα 8.	Επίπεδα Αυτονομίας.	Σελ. 24
Εικόνα 9.	Μοντέλο αυτόνομου πλοίου.	Σελ. 31
Εικόνα 10.	Αρχιτεκτονική AAWA.	Σελ. 33
Εικόνα 11.	Σύστημα Πλοήγησης.	Σελ. 35
Εικόνα 12.	Αισθητήρια.	Σελ. 40
Εικόνα 13.	Αυτόνομο Πλοίο MUNIN.	Σελ. 50
Εικόνα 14.	Εικονική Αναπαράσταση Αρχιτεκτονικής.	Σελ. 51
Εικόνα 15.	Λειτουργιές MUNIN.	Σελ. 53
Εικόνα 16.	Σκάφος ReVolt.	Σελ. 59
Εικόνα 17.	Σκάφος Yara Birkeland.	Σελ. 60
Εικόνα 18.	Περιοχή δράσης.	Σελ. 62
Εικόνα 19.	Οφέλη αυτόνομων πλοίων.	Σελ. 65



Συντομογραφίες.

<i>UHF</i>	<i>Ultra High Frequency</i>
<i>HMI</i>	<i>Human Machine Interface</i>
<i>IMO</i>	<i>International Maritime Organization</i>
<i>GPS</i>	<i>Global Positioning System</i>
<i>AIS</i>	<i>Automatic Identification System</i>
<i>GMDSS</i>	<i>Global Maritime Distress and Safety System</i>
<i>AAWA</i>	<i>Advanced Autonomous Waterborne Applications</i>
<i>SA</i>	<i>Situational Awareness</i>
<i>ANS</i>	<i>Autonomous navigation system</i>
<i>HD</i>	<i>High Definition</i>
<i>LIDAR</i>	<i>Light Detection And Ranging</i>
<i>ARPA</i>	<i>Advanced Research Projects Agency</i>
<i>ECDIS</i>	<i>Electronic Chart Display and Information Systems</i>



## 1.ΚΕΦΑΛΑΙΟ :ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

### 1.1 Η εξέλιξη των πλοίων στην Αρχαιότητα

Η ανάγκη του ανθρώπου να εξερευνήσει νέους ορίζοντες και να "δαμάσει" τα θαλάσσια ύδατα τοποθετείται χιλιάδες χρόνια πριν και συγκεκριμένα από την περίοδο των προϊστορικών χρόνων. Οι πρώτοι γνωστοί πολιτισμοί οι οποίοι κατασκεύασαν μεγάλα πλοία για να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες της τότε εποχής ήταν οι Φοίνικες και οι Αιγύπτιοι. Συγκεκριμένα οι Αιγύπτιοι κατασκεύασαν τις πρώτες παπύρινες σχεδίες οι οποίες χρονολογικά τοποθετούνται στις αρχές της 4<sup>ης</sup> χιλιετίας π.Χ. με απώτερο σκοπό την διάσχιση του ποταμού Νείλου.[1],[2]

Με την πάροδο εκατοντάδων ετών και την μετάβαση της Παλαιολιθικής(2.5 εκ. - 10000 π.Χ.) και της Μεσολιθικής περιόδου (10000 - 3000 π.Χ.) η ευρηματικότητα του ανθρώπου προχώρησε ένα βήμα πιο περά. Οι ναυπηγοί της τότε εποχής έχοντας ως σύμμαχο πλέον την ύπαρξη σπουδαίων χάλκινων εργαλείων συνέχισαν να βελτιώνουν σε σημαντικό βαθμό το έργο τους , η ναυπηγική τους ικανότητα αναπτύχθηκε με ραγδαίους ρυθμούς με αποτέλεσμα τα πρώτα ξύλινα πλοία με πανιά να είναι γεγονός. Σημαντικοί πολιτισμοί της τότε περιόδου οι οποίοι βασιστήκαν στην νέα αυτή καινοτομία των ξύλινων πλοίων με σκοπό την ανάπτυξη του εμπορίου αλλά και την εδραίωση της κυριαρχίας τους ήταν ο Κυκλαδίτικος Πολιτισμός , ο Μινωικός Πολιτισμός και ο Μυκηναϊκός Πολιτισμός.

Η παρακμή και η εξαφάνιση του Μυκηναϊκού Πολιτισμού ο οποίος χρονικά τοποθετείται μετέπειτα των άλλων δυο πολιτισμών σηματοδοτεί την ολοκλήρωση της Εποχής του Χαλκού (2000 - 1000 π.Χ.) και την σταδιακή μετάβαση στην Εποχή του Σιδηρού(1600 - 600 π.Χ.). Κατά την συγκεκριμένη εποχή οι αλλαγές που έχουν παρατηρηθεί στην εξέλιξη των πλοίων είναι κάτι παραπάνω από εμφανείς. Τα πιο χαρακτηριστικά πλοία της εποχής εκείνης ήταν οι τριήρεις και η μετέπειτα εξέλιξη τους πολυήρεις.

Οι πολυήρεις επί της ουσίας ήταν κωπήλατα πολεμικά πλοία τα οποία πραγματοποίησαν την εμφάνιση τους τον 4ο αιώνα π.Χ. στη Μεσόγειο Θάλασσα. Κύριο χαρακτηριστικό τους ήταν το εμβολο στο μπροστινό μέρος του πλοίου το οποίο καθιστούσε το εκάστοτε πλοίο πολύ επικίνδυνο κατά την διάρκεια της ναυμαχίας. Ο Διόνυσος ο Α΄ ο τύραννος των Συρακουσών ήταν ο εφευρέτης των πεντήρης και εξήρης ενώ σύμφωνα με τον Αριστοτέλη η τετρήρης πιστώθηκε στους Καρχηδονίους.



Η εξέλιξη των πλοίων προχώρησε ένα βήμα παραπέρα κατά την διάρκεια της Ελληνιστικής και Ελληνορωμαϊκής Εποχής (323 - 30 π.Χ.). Ήταν η εποχή η οποία χαρακτηρίστηκε από τον γιγαντισμό των πλοίων. Οι πολυήρεις παρέμειναν σαφέστατα στο επίκεντρο αλλά αναπτύχθηκαν και γιγαντώθηκαν σε μέγεθος. Μπορούσαν πλέον να φιλοξενήσουν μεγαλύτερο αριθμό κωπηλατών και να παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια τόσο κατά την διάρκεια της πλεύσης κυρίως στα εμπορικά πλοία που πραγματοποιούσαν μεγάλες αποστάσεις όσο και κατά την διάρκεια της ναυμαχίας.[2]

## 1.2 Η εξέλιξη των πλοίων στον Μεσαίωνα

Η περίοδος του Μεσαίωνα (476 - 1492 μ.Χ) χαρακτηρίζεται από πολλούς ως ορόσημο για την εξέλιξη και την πρόοδο που συντελέστηκε στην ναυπηγική. Κατά την περίοδο αυτή οι μέθοδοι ναυπήγησης έχουν γίνει ακόμα πιο αποτελεσματικές και οι τεχνικές που χρησιμοποιούσαν κατά την αρχαιότητα αντικαταστάθηκαν από νεότερες και πιο εξελιγμένες. [3]

Η πιο σπουδαία καινοτομία ήταν η επινόηση του πηδαλίου. Το πηδάλιο αντικατέστησε το κουπί ως μέσον κατεύθυνσης του πλοίου και τοποθετημένο στην πρύμνη του ήταν πολύ πιο εύκολο να ελέγχει η πορεία του σκάφους από τον καπετάνιο. Επί της ουσίας για να γίνει κατανοητή σε όλους η καινοτομία του πηδαλίου, ένα πλοίο χωρίς πηδάλιο ήταν αφόρητα δύσκολο να ελεγχτεί σε θάλασσες με έντονη φουρτούνα.

Πέρα από την εφαρμογή του πηδαλίου έχουμε και σημαντικές διαφορές στην τρόπο ναυπήγησης. Πλέον οι σπουδαίοι Ευρωπαίοι ναυπηγοί κατά την διάρκεια της ναυπήγησης ενός πλοίου ξεκινούσαν από τον σκελετό του και μετέπειτα ολοκλήρωναν την κατασκευή των πλευρών, κάτι το οποίο δεν ίσχυε κατά την αρχαιότητα αφού η κατασκευή ενός πλοίου γίνονταν κυρίως με το κάρφωμα της σανίδας στην αμέσως προηγούμενη και στην πορεία πρόσθεταν τα υπόλοιπα στοιχεία και τις πλευρικές σανίδες.

Το πιο ευρέως κατασκευασμένο πλοίο για εμπορικούς κυρίως λόγους ήταν η **Καράκα**. Η Καράκα ήταν ένα μεγάλο , ογκώδες εμπορικό πλοίο που το χρησιμοποιούσαν για να μεταφέρουν μεγάλη ποσότητα φορτίων και προϊόντων σε μεγάλες αποστάσεις. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι μια Καράκα μπορούσε να μεταφέρει μέχρι και χιλίους τόνους εμπόρευμα. Ωστόσο για μικρότερες αποστάσεις και λιγότερο εμπόρευμα υπήρχαν άλλου τύπου πλοία για να εξυπηρετήσουν αυτούς τους σκοπούς. Ήταν δικάταρτα η ακόμα και τρικάταρτα σκάφη η χωρητικότητα των οποίων έφτανε το πολύ τους 200 τόνους.



*Εικόνα 1.Καράκα με τρία κατάρτια*

Καθώς τα χρόνια περνούσαν και στο προσκήνιο εμφανιστήκαν σπουδαίοι θαλασσοπόροι οι οποίοι κατάφεραν να εξερευνήσουν ολόκληρο τον κόσμο συντελέστηκαν αρκετές αλλαγές στα μοντέλα των πλοίων ούτως ώστε να μπορούν να εξυπηρετήσουν ακόμα πιο αποτελεσματικά τα «θέλω» των καπετάνιων.

Στις αρχές του 15<sup>ου</sup> αιώνα στο προσκήνιο εμφανίστηκε μια παραλλαγή της Καράκας. Ήταν ένα βαρελοειδές σκάφος το οποίο ήταν πιο ανθεκτικό στις επικίνδυνες ανοιχτές θάλασσες και στις φουρτούνες και παρείχε μεγαλύτερη πλευστότητα. Στον συγκεκριμένο τύπο πλοίου η καρίνα του και η πρύμνη του ήταν ίσιες και αυτό έδινε την δυνατότητα για πρυμναίο πηδάλιο. Επίσης το πανί το οποίο ήταν τοποθετημένο στο κατάρτι μπορούσε εύκολα να μαζευτεί αλλά δυστυχώς λόγω όγκου και σχήματος δεν έδινε και τόσο μεγάλη ευελιξία. Επιπλέον παρατηρήθηκε το εξής φαινόμενο. Λόγω της βέλτιστης ανάπτυξης των πλοίων μιας και οι τεχνικές κατασκευής ήταν αρκετά πιο αποδοτικές πλέον οι ναυπηγοί ήρθαν αντιμέτωποι με μια ιδιαίτερα περιπλοκή κατάσταση. Όσο οι τεχνικές μεταβάλλονταν τόσο περισσότερη έμφαση έπρεπε να δίνουν στην αρματωσιά του πλοίου. Δηλαδή στο πόσα πανιά θα έχει το πλοίο αλλά και στο είδος των πανιών.

Τελικά αυτό το πρόβλημα επιλύθηκε και πολύ αποτελεσματικά μάλιστα, χάρις μια μεγάλη καινοτομία της οποίας το όνομα ήταν λατίνι. Το λατίνι ήταν ένα είδος αρματωσιάς εμπνευσμένο από τους Σταυροφόρους τον 12<sup>ο</sup> αιώνα το οποίο επέτρεπε σε ένα πλοίο να ταξιδεύει με καλύτερες συνθήκες στον άνεμο μιας και το τριγωνικό του πανί μπορούσε να δημιουργήσει πιο γρήγορες συνθήκες πλεύσης αντί για το τετράγωνο πανί. Επιπλέον μπορούσε να εισέλθει σε ένα λιμάνι η να εξέλθει από αυτό χωρίς την ύπαρξη ευνοϊκού ανέμου. Τα πλοία αυτά ονομαστήκαν *καραβέλες*.<sup>[3]</sup>



Πιο συγκεκριμένα οι караβέλες ήταν ιστιοφόρα πλοία με 3 ιστούς γύρω στα 20 μέτρα και χωρητικότητα περίπου στους 50 με 70 τόνους εμπόρευμα. Ήταν τα πλοία στα όποια βασιστήκαν σπουδαίοι θαλασσοπόροι στις εξερευνήσεις τους όπως ο Χριστόφορος Κολόμβος και ο Βάσκο ντα Γκάμα. Μια σημαντική διαφορά που παρατηρείται έναντι άλλων πλοίων είναι ότι οι караβέλες διέθεταν τόσο τετράγωνα πανιά όσο και λατίνια. Ο συνδυασμός τους τους έδινε μια τρομερή ευελιξία κατά την είσοδο τους σε όρμους αλλά και την δυνατότητα να εκμεταλλευτούν στο έπακρο τον ούριο άνεμο.

Όλες αυτές οι εξελίξεις που σημειώθηκαν μέχρι και τον 15<sup>ο</sup> αιώνα ήταν πολύ σημαντικές για τους Ευρωπαϊκούς Πολιτισμούς κυρίως Ισπανούς και Πορτογάλους για να εδραιώσουν την κυριαρχία τους στις θάλασσες και να αναλάβουν πρωταγωνιστικό ρόλο στο εμπόριο της εποχής. Έναν αιώνα μετά οι караβέλες άρχιζαν να αντικαθίστανται από ακόμα μεγαλύτερα και πιο ισχυρά πλοία.

### 1.3 Η εποχή των μεγάλων Ιστιοφόρων

Τα ιστιοφόρα πλοία ανήκουν στην 2η εξελικτική βασική κατηγορία τύπων πλοίων. Η πρώτη είναι τα κωπήλατα τα όποια αναλύσαμε προηγουμένως και η επομένη είναι τα ατμόπλοια η αλλιώς μηχανοκίνητα. Τα ιστιοφόρα πλοία καταλαμβάνουν μια μεγάλη χρονική περίοδο της νεότερης ιστορίας η όποια εκτίνεται από τον 14ο αιώνα έως και τον 19ο αιώνα εξαιτίας της βραδείας εξέλιξης που παρουσίασαν μέχρι βεβαία να φτάσουν στο απόγειο της τελειοποίησης τους. Όπως μας αποκαλύπτει και η ονομασία του ένα ιστιοφόρο πλοίο βασίζεται στην αιολική ενεργεία επί των ιστίων του για την ορθή πλεύση. [4], [6]

Τα ιστιοφόρα πλοία μπορούμε να τα κατατάξουμε σε 3 βασικές κατηγορίες:

- α) εμπορικά ιστιοφόρα.
- β) πολεμικά ιστιοφόρα.
- γ) πειρατικά.



Επίσης διάκριση μπορεί να γίνει και με βάση τον αριθμό των όρθιων ιστών τους.

Πιο συγκεκριμένα έχουμε:

- α) μονόστηλα , όσα δηλαδή διέθεταν ένα μονό κατάρτι.
- β) δίστηλα , όσα δηλαδή διέθεταν δυο κατάρτια.
- γ) τρίστηλα, όσα δηλαδή διέθεταν τρία κατάρτια.
- δ) πολυκάταρτα , όσα δηλαδή διέθεταν από τέσσερα έως επτά κατάρτια για μεγάλες αποστάσεις.

Τέλος διάκριση μπορεί να επιτευχτεί και με βάση τις γάστρες που διέθεταν. Τα πλοία τα όποια διέθεταν μεγάλο αριθμό γαστρών παρουσίαζαν μεγαλύτερη ευστάθεια και κινούνταν αρκετά πιο γρήγορα.

Τον 16<sup>ο</sup> αιώνα παρατηρήθηκε η τάση κάθε μεγάλη ναυτική δύναμη της εποχής να κατασκευάζει ένα μεγάλο πολεμικό πλοίο ως ένδειξη γοήτρου. Η φιλοσοφία αυτή υιοθετήθηκε τόσο από τους Άγγλους όσο και από τους Γάλλους και τους Ισπανούς. Το πιο ευρέως κατασκευασμένο πλοίο πάνω στο οποίο στηριχτήκαν οι ναυτικές δυνάμεις των χωρών αυτών ήταν η γαλέρα. [5]

Η γαλέρα εμφανίστηκε για πρώτη φορά κατά τον Μεσαίωνα αλλά έφτασε στο απόγειο της κατά τον 17<sup>ο</sup> αιώνα και εξαφανίστηκε περίπου στα μέσα του 18<sup>ου</sup> αιώνα. Τα κύρια χαρακτηριστικά της ήταν οι λεπτές γραμμές και οι χαμηλές υπερκατασκευές στην πλώρη και την πρύμνη. Είχε μήκος 46 με 55 μέτρα , πλάτος 5 με 6 μέτρα και βύθισμα 1 με 1,5 μετρό. Σε αντίθεση με τις καράκες οι οποίες είχαν αναλόγια μήκους-πλάτους 3:1 οι γαλέρες είχαν αναλόγια 4:1. Η γαλέρα για περίπου 200 χρονιά παρουσίασε τρομερή εξέλιξη τόσο στην ευστάθεια της όσο και στην κατευθυντικότητα της. Επίσης μπορούσε να αναπτύξει υψηλές ταχύτητες κατά την διάρκεια της πλεύσης και η ευκολία που παρείχε σε διάφορους χειρισμούς το κατέστησαν ένα από τα πιο σπουδαία πολεμικά πλοία της εποχής.

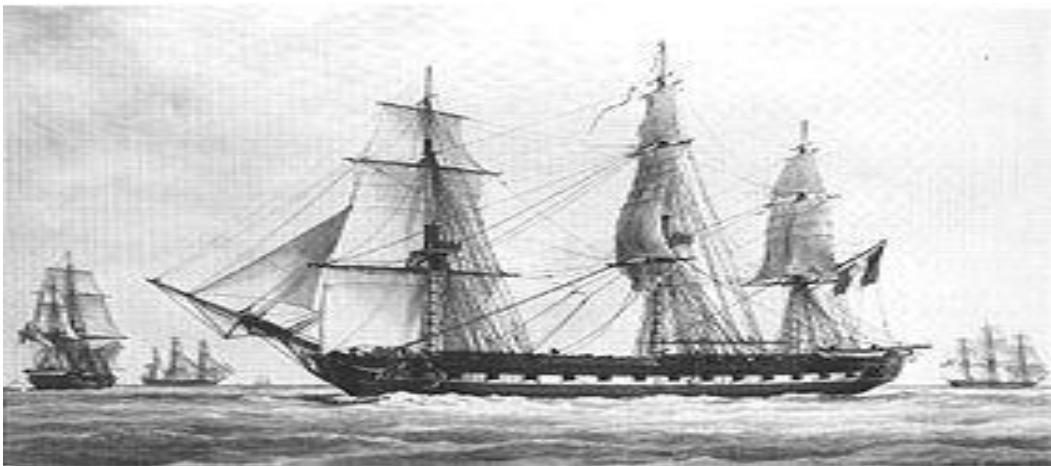


Εικόνα 2. Γαλέρα





Στις αρχές του 17ου αιώνα εμφανίζεται η φρεγάτα. Η φρεγάτα ήταν ένα πολεμικό πλοίο το οποίο διέθετε από 6 έως 12 πυροβόλα αλλά σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα της τάξεως των 50 χρόνων έφτασε να διαθέτει μέχρι και 64. Στα μέσα του ίδιου αιώνα τα κατάρτια των πλοίων έγιναν ψηλότερα και περισσότερα χωρίς ωστόσο να χρησιμοποιούνται όλα συγχρόνως μιας και αυτό προϋπέθετε μεγάλο αριθμό πληρώματος. Ο 18ος αιώνας δεν χαρακτηρίζεται από σημαντικές αλλαγές στην δομή των πλοίων. Οι πιο αξιοσημείωτες που μπορούμε να αναφέρουμε είναι η τοποθέτηση ενός νέου τριγωνικού πανιού εν ονόματι φλόκος τοποθετημένος πάνω σε ένα δόρυ στην πλώρη του πλοίου. Το κατακόρυφο κατάρτι που υπήρχε στην άκρη του προβόλου καταργείται τελείως ενώ η στην πρύμνη το τριγωνικό πανί του καταρτιού γίνεται πλέον τετράγωνο. Τον 18ο αιώνα έχουμε την δημιουργία ενός νέου τύπου πλοίου εν ονόματι σκούνα. Η σκούνα ήταν ένα μικρό σε μήκος πλοίο με αρκετά μεγάλη χωρητικότητα ωστόσο, το οποίο ήταν αρκετά εύκολο στην διακυβέρνηση του μιας και δεν χρειαζόταν μεγάλο αριθμό πληρώματος. Το συγκεκριμένο ιστιοφόρο διέθετε 2 κατάρτια το πλωριό και το κύριο το οποίο ήταν και το μεγαλύτερο σε μήκος. Έκτος από την μικρή και ευέλικτη σκούνα συναντάμε και πάλι την δυναμική και επιβλητική φρεγάτα. Η φρεγάτα πλέον σε σχέση με τον προηγούμενο αιώνα έχει καθιερωθεί ως το πιο σπουδαίο πολεμικό ιστιοφόρο το οποίο χρησιμοποιείτε ως καταδρομικό αλλά και ως πλοίο συνοδείας νηοπομπών.



*Εικόνα 3. Πολεμικό ιστιοφόρο- Φρεγάτα*

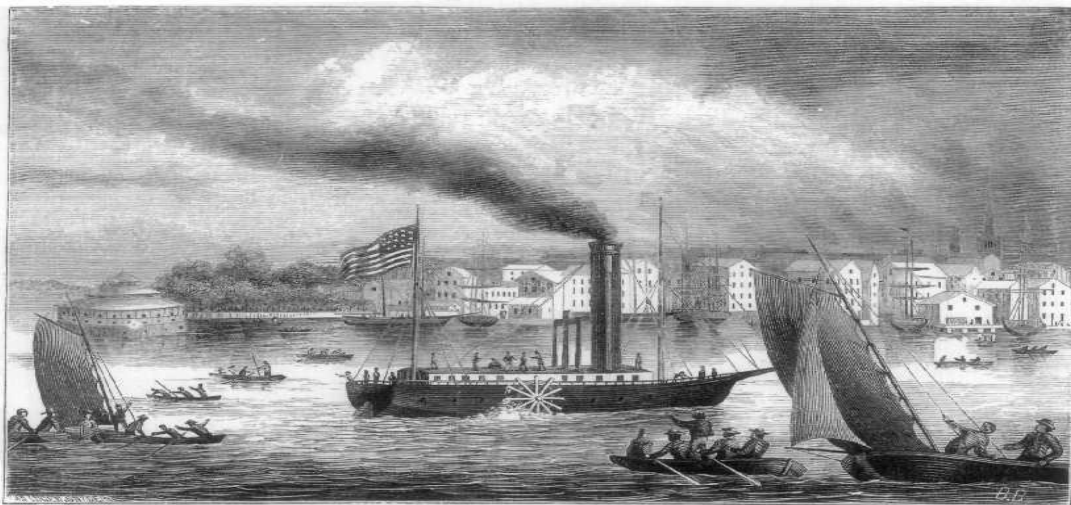
Ο 19<sup>ος</sup> αιώνας χαρακτηρίζεται κυρίως από την καθιέρωση των τρικάταρτων ιστιοφόρων. Πρόκειται για πλοία αρκετά μεγάλα σε μέγεθος αλλά με πιο απλή ιστιοφορία ούτως ώστε να μπορούν να ελεγχτούν από μικρό αριθμό πληρώματος. Καθώς οδεύουμε προς τον 20<sup>ο</sup> αιώνα πλέον μια νέα καινοτομία ήρθε να βελτιώσει ακόμα περισσότερο τον τομέα της ναυτιλίας. Τα μεγάλα εμπορικά και πολεμικά ιστιοφόρα αφήνουν την θέση τους σε ένα νέο είδος πλοίου το ατμόπλοιο.



## 1.4 Η επικράτηση των Ατμόπλοιων-Εποχή της μηχανής

Ο 19<sup>ος</sup> αιώνας αποτέλεσε ορόσημο για την παγκόσμια ναυτιλία. Επί της ουσίας η βιομηχανική επανάσταση σε συνδυασμό με την σταδιακή παρακμή των ιστιοφόρων πλοίων έφερε στο προσκήνιο μια νέα κατηγορία σκαφών. Κύριο χαρακτηριστικό αυτής της κατηγορίας ήταν η κίνηση βασισμένη στην πίεση και τον ατμό. Έτσι λοιπόν μπαίνουμε και επίσημα σε μια νέα εποχή. Στην εποχή της μηχανής και τον ατμόπλοιων. [7], [8]

Τα ατμόπλοια εκτόπισαν τα ιστιοφόρα πλοία για πολλούς λόγους. Ο πιο σημαντικός που θα μπορούσαμε να αναφέρουμε είναι ότι παρέμεναν άκρως λειτουργικά ανεξαρτήτως της παρουσίας άνεμου αφού η παράγωγη ατμού μπορούσε να επιτευχτεί αποκλειστικά και μονό από την καύση κάρβουνου. Η συγκεκριμένη μέθοδος βεβαία καθιστούσε ούτως η άλλως απαγορευτικά τα ιστιοφόρα μιας η καύση θα ήταν επικίνδυνη για την ξύλινη δομή τους. Το πρώτο ατμόπλοιο κατασκευάστηκε από τον Ροβέρτο Φούλτον το 1807 και είχε την επωνυμία Κλερμόντ.



Εικόνα 4. Ατμόπλοιο

Τα ατμόπλοια ταξινομήθηκαν σε δυο βασικές κατηγορίες. Τα φορτηγά ατμόπλοια και τα επιβατικά ατμόπλοια, πάνω στα οποία στηρίχτηκε ο κλάδος της ναυτιλίας. Στον Ευρωπαϊκό χώρο τέσσερις χώρες κατάφεραν να αναπτύξουν μεγάλες ναυπηγικές μονάδες για μεγάλα ατμόπλοια. Η Βρετανία, η Γερμανία, η Γαλλία και η Ιταλία.



Τα κύρια χαρακτηριστικά των ατμόπλοιων είναι τα παρακάτω.

- Το ακριβές χρονικό διάστημα ολοκλήρωσης της κατασκευής τους. Ενδεικτικό είναι ότι τα μεγάλα πλοία χρειάζονταν έως και δυο έτη για να ολοκληρωθούν.
- Το συνολικό τους βάρος σε τόνους.
- Οι διαστάσεις τους.
- Οι μηχανές του με την κατάλληλη ισχύ.
- Ο αριθμός και το μέγεθος των ελίκων που διέθετε.
- Η ταχύτητα πλεύσης που μπορούσε να πιάσει. Τα πιο γρήγορα πλοία ήταν αρκετά ακριβά για μετανάστες αλλά προτιμούνταν σε μεγάλο βαθμό από τους πιο εύπορους.
- Η μεταφορική ικανότητα που αφορούσε τον αριθμό των επιβατών.

Συνοψίζοντας η συνεισφορά των ατμόπλοιων στην ναυτιλία ήταν μεγάλη και όχι μονό για οικονομικούς λόγους. Τα ατμόπλοια ενέπνευσαν πολλούς ανθρώπους να στραφούν στην «γη της απαγγελίας» για ένα καλύτερο μέλλον. Το ταξίδι προς την Αμερική για μια καλύτερη ζωή διαρκούσε έως και έναν μήνα κάτω από προβληματικές συνθήκες σε αρκετές περιπτώσεις αλλά η εμπειρία του ταξιδιού ήταν μοναδική και ένα όνειρο ζωής για πολλούς ανθρώπους της τότε εποχής.

## 1.5 20ος Αιώνας: Πετρελαιοκίνητα Πλοία

Ο 20<sup>ος</sup> αιώνας σηματοδοτεί την μετάβαση από τα ατμόπλοια στα πετρελαιοκίνητα πλοία. Ήδη από τα πρώτα χρόνια του 20<sup>ου</sup> αιώνα άρχισε η κατασκευή πλοίων η κίνηση των οποίων βασίστηκε εξολοκλήρου σε μηχανή εσωτερικής καύσης. Η καινοτομία αυτή εκτόπισε σταδιακά τις μηχανές ατμού. Η τεχνολογική πρόοδος έδωσε πλέον την δυνατότητα για την ναυπήγηση μεγάλων πλοίων ικανά να καλύψουν μεγάλες αποστάσεις με σαφώς υψηλότερη ταχύτητα. Επίσης ήταν εξολοκλήρου εξοπλισμένα με σύγχρονα όργανα και μηχανήματα για να διευκολύνουν το έργο των μηχανικών και των επιβατών αλλά και για να παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια κατά την πλεύση τους. [10]



*Εικόνα 5. Πλοίο 20ου αιώνα - Πετρελαιοκίνητο*

Η κατηγοριοποίηση των πλοίων γίνεται με βάση το εμπόριο που μεταφέρουν<sup>[9]</sup>. Έτσι λοιπόν θα συναντήσουμε τα φορτηγά πλοία, εκείνα δηλαδή που μεταφέρουν φορτία αλλά και τα επιβατικά πλοία, εκείνα δηλαδή που μεταφέρουν επιβάτες. Τα φορτηγά πλοία ωστόσο μπορούν να ταξινομηθούν σε δυο πιο μικρές κατηγορίες. Τα φορτηγά πλοία ξηρού φορτίου και τα φορτηγά πλοία υγρού φορτίου ή αλλιώς δεξαμενόπλοια. Η βασική τους διαφορά περνά από το εμπόρευμα που μεταφέρουν, αφού στην μια περίπτωση η μεταφορά αφορά στέρεο φορτίο και στην άλλη περίπτωση υγρό φορτίο, αφορά την δομή τους και τον τρόπο κατασκευής τους. Οι αποθηκευτικοί χώροι αλλά και ο εξοπλισμός επίσης διαφέρουν.

Τα επιβατικά πλοία, αυτά δηλαδή που η βασική τους δραστηριότητα είναι η μεταφορά των επιβατών διαφέρουν από τα φορτηγά πλοία τόσο στον τρόπο ναυπήγησης τους μιας και σε αρκετά σημεία η διαμόρφωσή τους είναι διαφορετική όσο και στην κατανομή και την διαμόνη των επιβατών πάνω στο πλοίο. Επίσης μια εξίσου σημαντική διαφορά είναι οι σταθερωτήρες πλοίου τους οποίους τους συναντάμε μόνο στα επιβατικά πλοία. Οι σταθερωτήρες πλοίου ή αλλιώς πτερύγια ευσταθείας ονομάζονται οι υδραυλικοί μηχανισμοί οι οποίοι παρέχουν ευστάθεια στο πλοίο και ελαχιστοποιούν τους κλυδωνισμούς.

Όσον αφορά τα φορτηγά πλοία, ενδεικτικά κάποιες σημαντικές λεπτομέρες που θα μπορούσαμε να αναφέρουμε αφορούν την δομή τους. Αποτελούνται από το κύριο κατάστρωμα και το μηχανοστάσιο στο πίσω μέρος τους. Τα αμπάρια τους μιας και αναφερόμαστε σε φορτηγά πλοία διαθέτουν μεγάλα ανοίγματα ούτως ώστε η διαδικασία της φορτοεκφόρτωσης να γίνεται πιο γρήγορα και αποτελεσματικά. Ορισμένα φορτηγά πλοία μάλιστα διαθέτουν δικά τους μέσα φορτοεκφόρτωσης. Επίσης η ευστάθεια των φορτηγών πλοίων επιτυγχάνεται χάρη τις δεξαμενές έρματος που διαθέτουν. Οι δεξαμενές αυτές χρησιμοποιούνται για να ελέγχεται το



κέντρο βάρους του πλοίου, όποτε ανάλογα το φορτίο αυτό είτε ανεβαίνει είτε κατεβαίνει και έτσι επιτυγχάνεται η ευστάθεια.

Συνοψίζοντας λοιπόν οι τεχνολογικές μεταβολές οι οποίες ουδέποτε σταμάτησαν καθ'όλη την διάρκεια των αιώνων συνέβαλλαν αναμφίβολα θετικά και επηρέασαν σε μεγάλο βαθμό τον χώρο της ναυτιλίας. Μεγάλη μερίδα ανθρώπων στηρίχτηκαν και στηρίζονται στο συγκεκριμένο επάγγελμα για να καλύψουν της προσωπικές τους και οικονομικές τους ανάγκες. Η οικονομία επίσης πολλών χώρων βασίζεται στο θαλάσσιο εμπόριο ενώ πολλά κράτη έχουν αναπτύξει ισχυρό πολεμικό ναυτικό για να την προστασία των χωρικών υδάτων τους. Ωστόσο όσο τα χρόνια περνάνε και φτάνουμε στην σημερινή εποχή η εφαρμογή της ρομποτικής και της τεχνίτης νοημοσύνης στον ναυτιλιακό κλάδο μας έχει φέρει ολοένα και πιο κοντά στην ναυπήγηση και καθιέρωση των αυτόνομων πλοίων.

## 1.6 Εισαγωγή στην εποχή των αυτόνομων πλοίων

Όπως αναφέραμε σε προηγούμενη ενότητα η ολοένα αυξανόμενη εφαρμογή της ρομποτικής στο ναυτικό επάγγελμα έχει αναπτύξει σε μεγάλο βαθμό την θαλασσιά μεταφορά αγαθών, ώστε πλέον γίνεται λόγος για την ναυπήγηση και δημιουργία των αυτόνομων πλοίων.

Καταρχάς για να είμαστε σε θέση να κατανοήσουμε καλύτερα τον όρο αυτόνομα πλοία πρέπει να δώσουμε έναν ορισμό της αυτονομίας. Θα μπορούσαμε να εξισώσουμε τον όρο αυτονομία με την λεγόμενη αυτοδιάθεση ή ανεξαρτησία. Δηλαδή αυτονομία ορίζεται ως η ικανότητα ενός πλοίου να μπορεί να πλεύσει χωρίς την παρουσία πληρώματος. Εκ πρώτης όψεως λοιπόν ο συγκεκριμένος ορισμός είναι ικανός στο να μας οδηγήσει να κατανοήσουμε καλύτερα την νέα αυτή καινοτομία και το τι πρέπει να περιμένουμε από ένα αυτόνομο πλοίο. [11], [12], [13]

Χρονολογία σταθμός για την καθιέρωση των αυτόνομων πλοίων σε πρώιμο ωστόσο στάδιο υπήρξε ο Νοέμβριος του 2017. Η συγκεκριμένη ημερομηνία αποτέλεσε ορόσημο για την Βρετανική εταιρία **ASV Global** η οποία φρόντισε να παρουσιάσει στο κοινό το πρώτο αυτόνομο πλοίο το οποίο ενεγράφηκε στο αγγλικό νηολόγιο και απέκτησε αγγλική σημαία. Το C- Worker 7 έτσι όπως ονομάστηκε από την ASV Global είναι ένα ευέλικτο, αυτόνομο θαλάσσιο όχημα το οποίο σχεδιάστηκε και χρησιμοποιήθηκε όχι φυσικά για μεταφορά πληρώματος η μεταφορά κάποιου φορτίου, αφού επρόκειτο για ένα όχημα 7 μέτρων μονό, αλλά κυρίως για περιβαλλοντολογικές εργασίες και μελέτες. Πιο συγκεκριμένα ορισμένες από τις βασικές δραστηριότητες του C- Worker ήταν η ανίχνευση υδρογονανθράκων, η



συλλογή χρησίμων δεδομένων στους ωκεανούς, η επιθεώρηση και η παρακολούθηση του περιβάλλοντος.

Η πρώτη επιχειρησιακή δραστηριότητα του C- Worker έλαβε χώρα στα παραλία της Αιγύπτου. Η βασική δομή του αποτελούνταν από ένα και μόνο δωμάτιο μέσα στο οποίο συναντάμε ένα ηχοσύστημα πολλαπλών βολών καθώς και σόναρ πλευρικής σάρωσης. Σκοπός του ήταν η παρακολούθηση του πλοίου Seven Antares μέσω κατάλληλων αισθητήριων.

Η δραστηριότητα του C- Worker ολοκληρώθηκε μετά από 37 ημέρες. Κατά την διάρκεια της λειτουργίας του το όχημα παρακολουθήθηκε εξίσου από ένα σύστημα έλεγχου ASView μέσω ενός σταθμού ο οποίος είχε εγκατασταθεί στο Seven Antares. Το λογισμικό ASView που αναπτύχθηκε στο εσωτερικό τους είναι ένα σύστημα ελέγχου σχεδιασμένο για αυτόνομο έλεγχο και τηλεχειρισμό μη επανδρωμένων και επανδρωμένων πλοίων. Ο ενσωματωμένος υπολογιστής αυτονομίας (ASView-Core) συνδέεται μέσω ραδιοφωνικής σύνδεσης (ζώνης UHF, L ή S) ή δορυφορικής σύνδεσης (V-Sat, Inmarsat) με τη μητρική εταιρεία. Εξίσου σημαντικό ρόλο στην διαδικασία διαδραμάτισαν ο διακομιστής (ASView-Base), ο HMI (Human Machine Interface) και τα φορητά τηλεχειριστήρια (ASView-Helm).

Τα σκάφη μπορούν να ελεγχθούν με τέσσερις κύριους τρόπους:

- Απομακρυσμένη λειτουργία - απευθείας τηλεχειριστήριο από τον χειριστή.
- Αυτόματη λειτουργία - αυτόματο πιλότο για διατήρηση ταχύτητας και κατεύθυνσης.
- Λειτουργία αποστολής - ακολουθώντας τα προκαθορισμένα σημεία της αποστολής.
- Αυτόνομη λειτουργία - πρόσθετο βοήθημα ελέγχου για αποφυγή σύγκρουσης.

Η ολοκλήρωση της έρευνας του εξήγαγε πολύ σημαντικά αποτελέσματα όσον αφορά την χρησιμότητα του, την λειτουργικότητα του και το ποσό διαδραστικότητα είχε και θα έχει σε επιχειρησιακές ενέργειες που αφορούν την θάλασσα. Πρώτον η παρουσία του συνέβαλλε στην μείωση ενός επιπλέον σκάφους έρευνας συνάμα και στην εξοικονόμηση κόστους. Δεύτερον παρείχε μεγαλύτερη λειτουργική ευελιξία λόγω της καλύτερης αντοχής σε σχέση με ένα επανδρωμένο σκάφος. Τρίτον δόθηκε πλέον η δυνατότητα έρευνας σε πολύ ρηγά νερά και τέταρτον μειώθηκε αισθητά ο κίνδυνος για το προσωπικό το οποίο εργάζεται σε μικρά σκάφη.

Παρακάτω μπορούμε να παρακολουθήσουμε τα τεχνικά του χαρακτηριστικά καθώς και ορισμένες φωτογραφίες του συγκεκριμένου πλοίου.



### Κύρια στοιχεία

- Μήκος: 7.2μ
- Ακτίνα: 2,3μ
- Βύθισμα: 0,9μ
- Ύψος: 4,2μ
- Βάρος: 5300 κιλά
- Πρόωση: 2 x 20kW
- Ταχύτητα: 6,5 κόμβοι μέγ.
- Ισχύς ωφέλιμου φορτίου: Έως 2kW
- Έλεγχος: ημιαυτόνομος ή αυτόνομος έλεγχος
- Επικοινωνίες: Ραδιόφωνο / δορυφόρος



Εικόνα 6. C- Worker



*Εικόνα 7. C- Worker*

Ολοκληρώνοντας το επιτυχημένο project του C- W- Worker Ο Richard Daltry, τεχνικός διευθυντής της ASV Global, εξέφρασε την ικανοποίηση του για την αποδοτικότητα που επέδειξε το συγκεκριμένο σκάφος θεωρώντας ότι η αυτόνομη τεχνολογία είναι η απάντηση στις τρομερές απαιτήσεις που παρουσιάζει το υπεράκτιο περιβάλλον.

Έτσι λοιπόν, με αργά άλλα σταθερά βήματα ανοίγεται ένας νέος απαιτητικός άλλα και γεμάτο ενδιαφέρον δρόμος η πορεία του οποίου θα αλλάξει σημαντικά τα δεδομένα όχι μόνο για τις επιχειρήσεις ανά τον κόσμο άλλα και για τους ίδιους τους ανθρώπους.



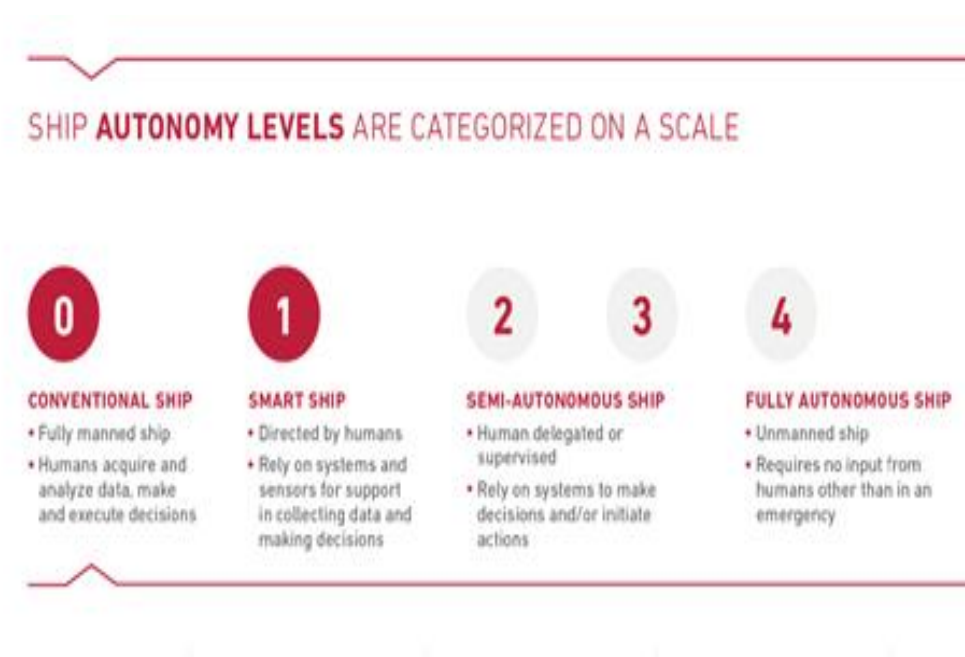


## 2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ – ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Όπως ορίσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο η αυτονομία σαν όρος άφορα την ιδιότητα-ικανότητα ενός πλοίου να μπορεί να λάβει μόνο του αποφάσεις. Εκ πρώτης όψεως λοιπόν γίνεται αντιληπτό σε όλους μας το τι ακριβώς πρέπει να περιμένουμε από ένα πλοίο το οποίο ανήκει στην συγκεκριμένη κατηγορία. Ωστόσο ο ορισμός της αυτονομίας αν μπορούμε στην διαδικασία να τον εξετάσουμε λεπτομερώς είναι αρκετά πιο περίπλοκος από όσο είμαστε ικανοί να κατανοήσουμε. Αυτό φυσικά οφείλεται στην πληθώρα επίπεδων αυτονομίας που συναντάμε τα οποία έχουν προταθεί επίσημα από τον **IMO** (IMO, MSC 99, 2018) και θα είμαστε σε θέση να τα εξετάσουμε και να τα αναλύσουμε παρακάτω.

Το πρώτο βήμα για να εισέρθουμε στον «κόσμο» της αυτονομίας είναι να κατανοήσουμε ότι η παρουσία πληρώματος σε ένα πλοίο είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τον συγκεκριμένο ορισμό. Επί της ουσίας όσο η αυτονομία σε ένα πλοίο αυξάνεται τόσο μειώνεται η ανάγκη της παρουσίας πληρώματος.

Στο παρακάτω διάγραμμα ακολουθεί μια εκτενής κατηγοριοποίηση σύμφωνα με τους βαθμούς αυτονομίας κατά **Bureau Veritas**. [14]



Εικόνα 8. Επίπεδα Αυτονομίας



## 2.1 Συμβατικά πλοία

Στο «επίπεδο» *μηδέν* θα συναντήσουμε τα γνωστά σε όλους μας *συμβατικά πλοία*.<sup>[17]</sup> Τα συμβατικά πλοία αποτέλεσαν μέχρι σήμερα αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής μας ελέω φυσικά της επιθυμίας μας για ταξίδια αναψυχής τουλάχιστον σε αρκετές περιπτώσεις, είτε φυσικά γιατί η παρουσία τους συνδέθηκε με το εμπόριο μεταξύ χωρών και όχι μόνο. Τα κύριο χαρακτηριστικό τους που ουσιαστικά τα ξεχωρίζει από τα υπόλοιπα «επίπεδα» είναι η παρουσία του ανθρωπίνου παράγοντα σε αποκλειστικό βαθμό.

Στα συμβατικά πλοία ο ανθρωπίνος παράγοντας αποτελεί βασικό κομμάτι για την ομαλή λειτουργία ενός πλοίου. Στον ανθρώπινο παράγοντα βασίζεται ο έλεγχος και η συντήρηση των μηχανικών μερών ενός πλοίου. Ο άνθρωπος είναι αποκλειστικά υπεύθυνος για να διεκπεραιώσει όλες τις απαραίτητες λειτουργίες για μια ορθή πλεύση η να προβεί στις απαραίτητες ενέργειες για την αντιμετώπιση βλαβών.

Σαφέστατα στο πλευρό του ανθρώπου υπάρχουν και αξιοποιούνται στο έπακρον πολύ σημαντικά συστήματα τα όποια διευκολύνουν σε μεγάλο βαθμό το έργο του. Το λεγόμενο **GPS** η αλλιώς **Global Positioning System** εξυπηρετεί την πλοήγηση του πλοίου παρέχοντας δεδομένα για την θέση του. Το λεγόμενο **AIS** η αλλιώς **Automatic Identification System** εξυπηρετεί την ανταλλαγή ψηφιακών σημάτων μεταξύ των πλοίων. Επίσης τα εγκατεστημένα λειτουργικά συστήματα που συναντάμε στα συμβατικά πλοία μας παρέχουν πληροφορίες σχετικά με βλάβες, θερμοκρασία, κατάσταση κινητήρα κλπ.

Ωστόσο σε αυτό το σημείο πρέπει να τονίσουμε μια σημαντική λεπτομέρεια που αφορά τα προαναφερθέντα συστήματα. Μπορεί σκοπός τους να είναι η συλλογή δεδομένων και η ειδοποίηση του πληρώματος αλλά σε καμία περίπτωση δεν έχουν την ικανότητα να λάβουν αποφάσεις η να επεξεργαστούν τις πληροφορίες που θα λάβουν.

Συνοψίζοντας, άξιο αναφοράς αποτελεί τα τελευταία χρόνια η εισαγωγή ενός νέου συστήματος με την ονομασία **e-navigation**. Η ηλεκτρονική πλοήγηση ορίζεται ως η συλλογή, ενσωμάτωση, ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ σκαφών και ξηράς με έναν ελαφρώς πιο εξελιγμένο τρόπο καθώς δίνει την δυνατότητα στο συστήματα πλοήγησης να αναλύσουν ως ένα βαθμό τα δεδομένα.



## 2.2 Αυτόνομα πλοία - Τηλεκατευθυνόμενα πλοία

Η ταχεία εξέλιξη της ρομποτικής ασκεί τεραστία επιρροή στο παγκόσμιο διεθνές εμπόριο. Ειδικότερα η σταδιακή αναβάθμιση που παρατηρείται στην θαλασσιά μεταφορά των αγαθών έχει ωθήσει σημαντικούς κολοσσούς, όπως οι εταιρίες **Wilhelmsen** και **Kongsberg** να ενώσουν την τεχνογνωσία τους προς μια αυτόνομη ναυτιλία. Επίσης οι εφοπλιστικές και ναυπηγικές εταιρίες της Ιαπωνίας σκοπεύουν να ακολουθήσουν εφάμιλλη τακτική για να δημιουργήσουν πλοία χωρίς την παρουσία καπετάνιου έως το 2025. [15]

Ωστόσο όπως αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα η αυτονομία η οποία είναι αντιστρόφως ανάλογη με την παρουσία πληρώματος σε ένα πλοίο, είναι αδύνατον να «οριοθετηθεί» εξολοκλήρου σε μια και μόνο κατηγορία. Στο επίπεδο «μηδέν» συναντήσαμε και αναλύσαμε τα συμβατικά πλοία. Όσο όμως απομακρυνόμαστε από το επίπεδο μηδέν θα συναντήσουμε τέσσερα πολύ σημαντικά επίπεδα που αφορούν την αυτονομία των πλοίων. Το κάθε επίπεδο είναι ξεχωριστό με τα δικά του χαρακτηριστικά και τον δικό του βαθμό αυτονομίας. Για να διευκολύνουμε ωστόσο το έργο μας αρκεί να κατατάξουμε αυτά τα τέσσερα επίπεδα σε δυο πολύ μεγάλες κατηγορίες πλοίων. Τα πλοία χωρίς πλήρωμα και πλοίαρχο διακρίνονται σε **αυτόνομα πλοία (autonomous vessels)** και σε **τηλεκατευθυνόμενα πλοία (remotely controlled vessels)**.

### *Αυτόνομα πλοία-Autonomous vessels.*

Η τεχνολογία των πλήρως αυτονόμων πλοίων βασίζεται σε αριθμητικούς αλγορίθμους και σε προηγμένα προγράμματα τα οποία καθορίζουν εξ'αρχής την πορεία ενός πλοίου. Σημαντική προϋπόθεση για την ομαλή διεξαγωγή της πλεύσης είναι η ύπαρξη και η εγκατάσταση υπερσύγχρονων μεσών τηλεπικοινωνίας, λογισμικών προγραμμάτων (software) και αισθητήριων για την οποιαδήποτε αποφυγή συγκρούσεων και οργάνων για τον εντοπισμό της θέσης του πλοίου. Η βασική καινοτομία όλων αυτών των λειτουργικών συστημάτων είναι η ικανότητα τους να αξιολογούν τα δεδομένα μέσω ενός συστήματος ορθής αξιολόγησης και να λαμβάνουν αποφάσεις. Ο ανθρώπινος έλεγχος λοιπόν, σταδιακά εξανεμίζεται.



### *Τηλεκατευθυνόμενα πλοία-Remotely controlled vessels*

Τα τηλεκατευθυνόμενα πλοία έχουν αντικαταστήσει την παρουσία και τον ρόλο του πλοιάρχου με την λειτουργία ενός παράκτιου μητρικού σταθμού. Πιο συγκεκριμένα ο παράκτιος σταθμός, διαθέτει τον απαραίτητο εξοπλισμό προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος που δεν είναι άλλος πέρα από την ορθή πλεύση του πλοίου. Εντός του σταθμού έχουν εγκατασταθεί υπολογιστές και εξειδικευμένα μηχανήματα όπως και το χειριστήριο του πλοίου. Υπεύθυνος για το χειριστήριο του πλοίου είναι ένα φυσικό πρόσωπο στο οποίο παρέχεται δορυφορική επικοινωνία με το πλοίο. Η επικοινωνία αυτή βασίζεται σε κάμερες και οπτικοακουστικούς αισθητήρες οι οποίοι έχουν τοποθετηθεί στο κήτος του πλοίου. Ο εν λόγω πλοίαρχος λοιπόν δεν επεμβαίνει στο πλοίο με τον καθιερωμένο τρόπο αλλά δίνει συνεχώς εντολές κατά την διάρκεια του ταξιδιού και κατευθύνει το πλοίο από απόσταση.

Είναι επίσης σημαντικό να αναφέρουμε ότι τα τηλεκατευθυνόμενα πλοία πέρα φυσικά από το ποσοστό αυτονομίας που παρουσιάζουν, διαθέτουν και λειτουργίες τις οποίες τις συναντάμε και στα συμβατικά πλοία. **AIS**, **GPS**, **GMDSS** είναι μερικά από τα συστήματα παροχής πληροφοριών στα όποια βασίζονται τα τηλεκατευθυνόμενα πλοία.

Γίνεται λοιπόν σε όλους μας αντιληπτό ότι ένα μέρος της τεχνολογίας των αυτονόμων πλοίων έχει αναπτυχθεί και έχει δοκιμαστεί στα τηλεκατευθυνόμενα πλοία αφού αυτά αποτελούν και πρακτικά τον ενδιάμεσο σταθμό εξέλιξης.

### **2.3 Βαθμίδες αυτονομίας**

Έχοντας πλέον ολοκληρώσει ένα σημαντικό κομμάτι της ανάλυσης των πλοίων ανάλογα πάντα με τον βαθμό αυτονομίας τους, καλούμαστε πλέον να εξετάσουμε και να εισχωρήσουμε σε επιμέρους τμήματα-κατηγορίες που αφορούν την αυτονομία. Όπως αναφέραμε και στο εισαγωγικό τμήμα το να κατανοήσουμε πλήρως και σε βάθος τον όρο αυτονομία δεν είναι μια εύκολη υπόθεση εξαιτίας των πολλών παραμέτρων και των ιδιαιτεροτήτων που συναντάμε σε κάθε περίπτωση. Οι τρεις κατηγορίες στις οποίες αναφερθήκαμε προηγουμένως σε κάθε περίπτωση αποτελούν τον πυλώνα τις ναυτιλίας, και μας παρέχουν μια γενική εικόνα των πεπραγμένων της σημερινής εποχής άλλα και το τι ακριβώς πρέπει να περιμένουμε στο κοντινό μέλλον.



Ωστόσο κομβικό ρόλο για να υιοθετήσουμε μια ευδιάκριτη άποψη περί αυτονομίας συντέλεσε η έρευνα η οποία διεξήχθη από τους **Mogens Blanke, Michael Henriques** και **Jakob Bang**. [16]

Στην αναφορά τους, η οποία δημοσιεύτηκε το 2017, οι τρεις ερευνητές αφού βασιστήκαν στις πέντε βαθμίδες αυτονομίας οι οποίες διέπουν τα αυτόνομα οχήματα πρότειναν τις αντίστοιχες βαθμίδες αυτονομίας οι οποίες διέπουν τα αυτόνομα πλοία.

*Παρακάτω τα επίπεδα αυτονομίας:*

**Επίπεδο 0:** *Χειροκίνητη πλοήγηση πλοίων.*

Ο αξιωματικός πλοήγησης δίνει τις απαραίτητες εντολές οι οποίες αφορούν την επιθυμητή πορεία και την ταχύτητα του πλοίου. Αποδέκτης των εντολών αυτών είναι ο υπεύθυνος πιλότος πλοιαρίου σε πρώτη φάση ή εφικτή είναι ακόμα και η ρύθμιση αυτόματου πιλότου για την πλοήγηση της γέφυρας και του κύριου κινητήρα του πλοίου. Ο αξιωματικός πλοήγησης διαθέτει ηλεκτρονικά διαγράμματα και δική του θέση και πορεία. Επίσης ένα σύστημα ραντάρ δείχνει την πορεία και την ταχύτητα άλλων πλοίων.

**Επίπεδο 1:** *Αυτόματο σύστημα διευθυνσιοδότησης.*

Το σύστημα διεύθυνσης πραγματοποιείται μεταξύ κωδικοποιημένων θέσεων. Ο αυτόματος πιλότος του πλοίου διασφαλίζει ότι το πλοίο πηγαίνει από τη θέση Α έως το Β.

**Επίπεδο 2:** *Υποστήριξη αποφάσεων.*

Βασικό στοιχείο του επιπέδου είναι ο σχεδιασμός ενός προφίλ διαδρομής και ταχύτητας που αποσκοπεί στην ολοκλήρωση της διαδρομής του πλοίου σε ένα λιμάνι σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Σημαντική λεπτομέρεια είναι η πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών και της κατάστασης στην οποία βρίσκεται η θάλασσα ενώ μια επιπλέον εξέλιξη θα μπορούσε να είναι και η αποφυγή δράσης σε στενά νερά.

**Επίπεδο 3:** *Πλοήγηση από απόσταση.*

Η απομακρυσμένη λειτουργία χρησιμοποιείται για τη δυνατότητα απομακρυσμένης λειτουργίας ενός σημείου για τον αυτόματο πιλότο και την επίδραση στα μηχανήματα πρόωσης.



#### ***Επίπεδο 4: Απομακρυσμένη παρακολούθηση***

Οι μετρήσεις οι οποίες προέρχονται από τα αισθητήρια του σκάφους και μας παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες που αφορούν είτε τις συνθήκες στο μηχανοστάσιο, είτε την πορεία και την ταχύτητα του σκάφους απεικονίζονται σε πραγματικό χρόνο σε ένα κέντρο λειτουργίας το οποίο βρίσκεται είτε σε κάποιο άλλο σκάφος είτε στην ξηρά. Η πλήρης παρακολούθηση του σκάφους, πραγματοποιείται μέσω τηλεόρασης και ραντάρ, ώστε το κέντρο λειτουργίας να διαθέτει όλες τις πληροφορίες που είναι απαραίτητες με σκοπό να εκτελεστεί η πλοήγηση του σκάφους χωρίς προβλήματα.

#### ***Επίπεδο 5: Μερική αυτονομία.***

Το πλοίο διαθέτει προηγμένα συστήματα για την αξιολόγηση της κατάστασης, καθώς και των συνεπειών και συμβουλεύει τον αξιωματικό πλοήγησης για το πώς να αντιδράσει. Ο αξιωματικός πλοήγησης δεν είναι απαραίτητα παρών στη γέφυρα του πλοίου.

#### ***Επίπεδο 6: Πλήρης αυτονομία.***

Όλες οι καταστάσεις αξιολογούνται και λαμβάνονται μετρά χωρίς παρέμβαση από τον ανθρώπινο παράγοντα.

Επιχειρώντας μια σύνοψη των όσων αναφέρθηκαν προηγουμένως το κοινό χαρακτηριστικό των τεσσάρων πρώτων κατηγοριών αυτόνομων συστημάτων είναι η ύπαρξη βοήθειας όσον αφορά την πλοήγηση. Στον πλοίαρχο παρέχονται πληροφορίες από τον ναυτικό πιλότο, η επικοινωνία μεταξύ τους είναι βασικό στοιχείο μιας αρμονικής πλεύσης, ωστόσο η τελική απόφαση θα παρθεί αποκλειστικά από τον πλοίαρχο. Ειδικά στην τετάρτη κατηγορία την απομακρυσμένη παρακολούθηση τα έντονα καιρικά φαινόμενα, και οι τεχνολογικές βλάβες μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στην επικοινωνία μεταξύ του πλοίαρχου και του ναυτικού πιλότου. Σε αυτές τις περιπτώσεις καθορίζονται συγκεκριμένες διαδικασίες στις οποίες το πλοίο πρέπει να συμμορφωθεί.

Στις τελευταίες δυο κατηγορίες την μερική και την πλήρη αυτονομία απαιτείται μια νέα προσέγγιση και νέος νομικός κανονισμός που στην παρούσα φάση δεν έχουν αναπτυχθεί πλήρως.



### 3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Τα τελευταία έτη όλο και περισσότερες εταιρίες κολοσσοί επενδύουν σημαντικά ποσά σε ερευνητικά προγράμματα με σκοπό την κατασκευή αυτόνομων εμπορικών πλοίων. Ζωτικής σημασίας είναι η διασφάλιση της ορθής λειτουργίας των συστημάτων κάτω από πραγματικές συνθήκες.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα αναφερθούμε στις τεχνικές και πρακτικές λύσεις που προτείνονται από τα ερευνητικά έργα: **AAWA**, **MUNIN**, **REVOLT**, **YARA BIRKELAND**.

#### 3.1 AAWA Initiative <sup>[18]</sup>

Το έργο AAWA (Advanced Autonomous Waterborne Applications) στο οποίο επικεφαλής ήταν η *Rolls Royce* χρηματοδοτήθηκε με το ποσό των 6.6 εκατομμυρίων ευρώ από ένα Φιλανδικό Οργανισμό Τεχνολογίας και Καινοτομίας με την επωνυμία *Tekes*.

Η βασική του δραστηριότητα ήταν να συγκεντρώσει υπό την αιγίδα του πανεπιστήμια, σχεδιαστές πλοίων, κατασκευαστές εξοπλισμού και νηογνώμονες για να διερευνήσουν τους οικονομικούς, κοινωνικούς, νομικούς, κανονιστικούς και τεχνολογικούς παράγοντες που πρέπει να αντιμετωπιστούν για να καταστούν τα αυτόνομα πλοία πραγματικότητα. Θα παράγει τις προδιαγραφές και τα προκαταρκτικά σχέδια για την επόμενη γενιά προηγμένων λύσεων πλοίων.

Ωστόσο για την πλήρη επίτευξη του στόχου του έργου πρέπει να βρεθούν απαντήσεις σε κάποια πολύ κρίσιμα ερωτήματα:

- Τι είδους τεχνολογία είναι απαραίτητη και με ποιους τρόπους μπορεί συνδυαστεί κατάλληλα για να δώσει την δυνατότητα σε ένα πλοίο να λειτουργήσει αυτόνομα από την ακτή.
- Με ποιους τρόπους είναι εφικτό ένα αυτόνομο πλοίο να είναι η να παραμείνει ασφαλής και ποια ρίσκα πρέπει να αντιμετωπίσει κατά την διάρκεια της πλεύσης.
- Ποια είναι τα κίνητρα και τα οφέλη για τους επιχειρηματίες και εφοπλιστές για να επενδύσουν στα αυτόνομα πλοία.
- Ποιος θα αναλάβει τις ευθύνες σε περιπτώσεις ατυχημάτων.



Οι εμπορικοί φορείς εκμετάλλευσης πλοίων του έργου *Ferry Operator Finferries* και πλοία ξηρού φορτίου *ESL Shipping Oy* προσέφεραν τις υπηρεσίες τους στο έργο πραγματοποιώντας μια σειρά δοκιμών συστοιχιών αισθητήρων σε μια σειρά από συνθήκες λειτουργίας και κλιματολογικές συνθήκες στο πλοίο διπλού άκρου των 65 μέτρων, το *Stella*, το οποίο λειτουργεί μεταξύ Κορρο και Houtskär. Επίσης η *ESL Shipping Ltd* βοήθησε το έργο να διερευνήσει τις επιπτώσεις των απομακρυσμένων και αυτόνομων πλοίων στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών μικρών αποστάσεων.



*Εικόνα 9. Μοντέλο αυτόνομου πλοίου*

Σημαντική συνεισφορά στο έργο παρείχαν κορυφαίοι ακαδημαϊκοί ερευνητές της Φινλανδίας από το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο του Ταμπέρε, το Πανεπιστήμιο του Τούρκου και κορυφαία μέλη του ναυτιλιακού συμπλέγματος συμπεριλαμβανομένων των Rolls-Royce, NAPA, Deltamarin, DNV GL και Inmarsat.

Το 2015, χρονική περίοδος κατά την οποία ξεκίνησε η πρώτη φάση του έργου, εξετάστηκε η τρέχουσα κατάσταση της ναυτιλιακής βιομηχανίας και ποιες τεχνολογίες μπορεί να αξιοποιήσει από άλλες βιομηχανίες. Σημείο αναφοράς υπήρξε το αυτόνομο όχημα και τα αεροσκάφη drones. Επίσης το έργο διερεύνησε εις βάθος τις τεχνολογικές, οικονομικές και νομικές πτυχές απομακρυσμένων και αυτόνομων λειτουργιών. Οι επόμενες δυο φάσεις του έργου οι οποίες ολοκληρώθηκαν στα τέλη του 2017 βασίστηκαν στα αποτελέσματα της πρώτης φάσης με γνώμονα φυσικά την ουσιαστική ανάπτυξη τεχνικών και νομικών προδιαγραφών αλλά και των προτύπων ασφάλειας.





### 3.1.1 Τεχνολογία του AAWA [18]

Η ανάπτυξη των αυτόνομων οχημάτων έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο κατά την διάρκεια των τελευταίων δέκα ετών. Σπουδαίο ρολό σε αυτό το αποτέλεσμα διαδραμάτισε η τεχνολογική πρόοδος μέσα από την οποία αποκτήσαμε μια καλύτερη και πιο ολοκληρωμένη αντίληψη του περιβάλλοντος για την ανάγκη της δημιουργίας και ελέγχου οχημάτων. Η ανάπτυξη αυτή η οποία συνδυάστηκε με την παρουσία προηγμένων τεχνολογικών αισθητήριων και την δυνατότητα επεξεργασίας δεδομένων άνοιξε διάπλατα τον δρόμο για την πλήρη αυτονομία των οχημάτων.

Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενη ενότητα ο τομέας των αυτόνομων αυτοκινήτων έχει σημειώσει μεγάλη πρόοδο. Αυτή φυσικά η εξέλιξη είναι απόλυτα φυσιολογική λόγω της συνεχόμενης μαζικής αγοράς και της προσπάθειας που γίνεται σε παγκόσμια εμβέλεια για κυκλοφοριακή ασφάλεια. Εξίσου σημαντική είναι και η έρευνα σε διάφορες στρατιωτικές εφαρμογές με την χρήση χερσαίων οχημάτων, αερόπλοιων κ.α. Προσφάτως ξεκίνησαν και οι προσπάθειες με την μορφή ερευνητικών προγραμμάτων για την δημιουργία αυτόνομων πλοίων τα οποία θα προσφέρουν την δυνατότητα μεταφοράς πολιτών. Σημαντική υπήρξε η παρουσία και η συνεισφορά ακαδημαϊκών αλλά και ναυτιλιακών εταιριών με το πρόγραμμα **AAWA**.

Μια από τις βασικές τεχνολογίες για οποιαδήποτε αυτόνομη πλοήγηση οχημάτων είναι **σύντηξη αισθητήριων**. Ωστόσο για να δημιουργήσουμε την λεγομένη Situational Awareness η αλλιώς Επίγνωση της Κατάστασης(SA) για ένα αυτόνομο όχημα καμία τεχνολογία μεμονωμένου αισθητήρα δεν επαρκεί για να είναι λειτουργική κάτω από όλες τις πιθανές συνθήκες. Ως εκ τούτου, για να διασφαλίσουμε ότι οι πληροφορίες που δέχεται το όχημα από το περιβάλλον είναι σωστές η αλλιώς ακριβείς είναι απαραίτητος ένας συνδυασμός αισθητήριων ο οποίος θα αναλύει τα δεδομένα. Η επεξεργασία των δεδομένων που έχουν ληφθεί σχετίζονται άμεσα φυσικά με τον σχεδιασμό πορείας μιας και ο βασικός στόχος οποιουδήποτε αυτόνομου οχήματος είναι η αποφυγή συγκρούσεων η παροχή ασφάλειας και η αξιοπιστία. Στο έργο **AAWA** του οποίου τα αισθητήρια θα τα αναλύσουμε παρακάτω, υπήρξε μια σημαντική καινοτομία. Ενώ σε πολλές θαλασσιές έρευνες οι συνθήκες πάνω στις οποίες διεξήχθησαν οι έρευνες αυτές θεωρήθηκαν αρκετά πιο ήπιες είτε λόγω της περιορισμένης χρήσης της αισθητηριακής σύντηξης, είτε λόγω των πιο ήρεμων καιρικών συνθηκών, το έργο AAWA εστίασε από την αρχή σε σκληρές και ρεαλιστικές συνθήκες αλλά και στις ιδιαίτερες προκλήσεις που παρουσιάζει η αυτονομία και η εφαρμογή τηλεχειρισμού, ακόμα και σε μεγάλα πλοία που πλέουν στον ωκεανό.



### 3.1.2 Αυτόνομη πλοήγηση του πλοίου

**Αντιδραστικός έλεγχος και σχεδιασμός διαδρομής για πλοήγηση χωρίς σύγκρουση.**

Είναι γεγονός ότι η ενεργεία η αλλιώς η διαδικασία που αποσκοπεί στην αποφυγή συγκρούσεων κατά την διάρκεια της πλεύσης, έχει τοποθετηθεί πολύ ψηλά σε μια ιεραρχία ενεργειών και έχει εξελιχτεί σε αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας των ναυτικών. Οι κρίσιμες όμως αποφάσεις για την αποφυγή μιας σύγκρουσης δεν υπόκεινται στην κρίση των εκάστοτε συμμετεχόντων ναυτικών αλλά αναπτύσσονται εξολοκλήρου από τον **ΙΜΟ**.

Οι τεχνικές για την αποφυγή σύγκρουσης χωρίζονται σε **καθολικές** μεθόδους και σε **τοπικές** μεθόδους. Η κύρια διάφορα μεταξύ αυτών των δυο μεθόδων είναι, ότι η δεύτερη μέθοδος βασίζεται στην λεγομένη αντιδραστική πλοήγηση δηλαδή σε πληροφορίες που συλλέγονται από τα αισθητήρια την στιγμή εκείνη ενώ στην πρώτη μέθοδο η διαδρομή σχεδιάζεται εκ των προτέρων βασισμένη πάντα στον υπολογισμό μιας γεωμετρικής τροχιάς στην όποια αποφεύγονται όλα τα εμπόδια.

Remote and Autonomous Ship – The next steps

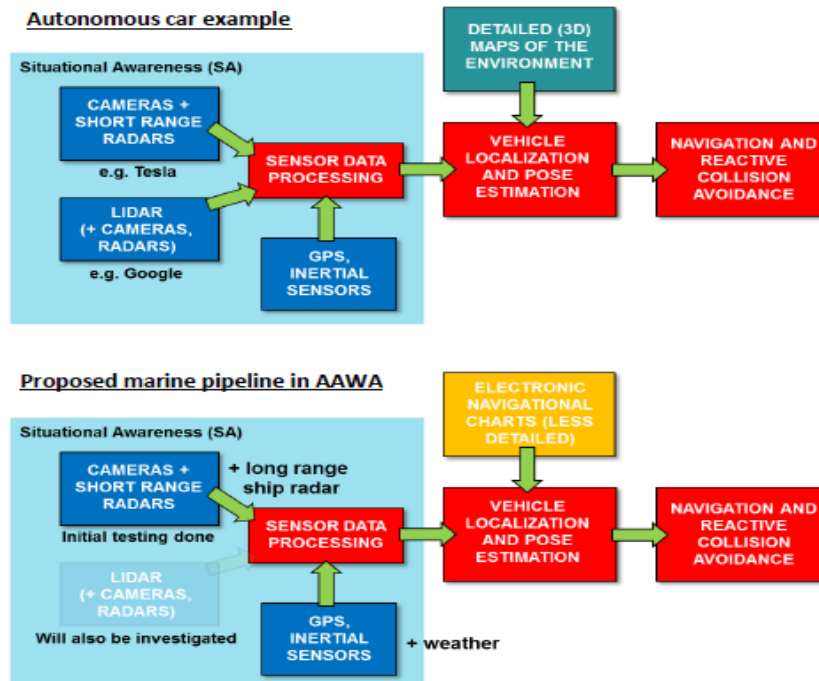


Figure 1. Comparison between automotive and marine navigation pipelines.



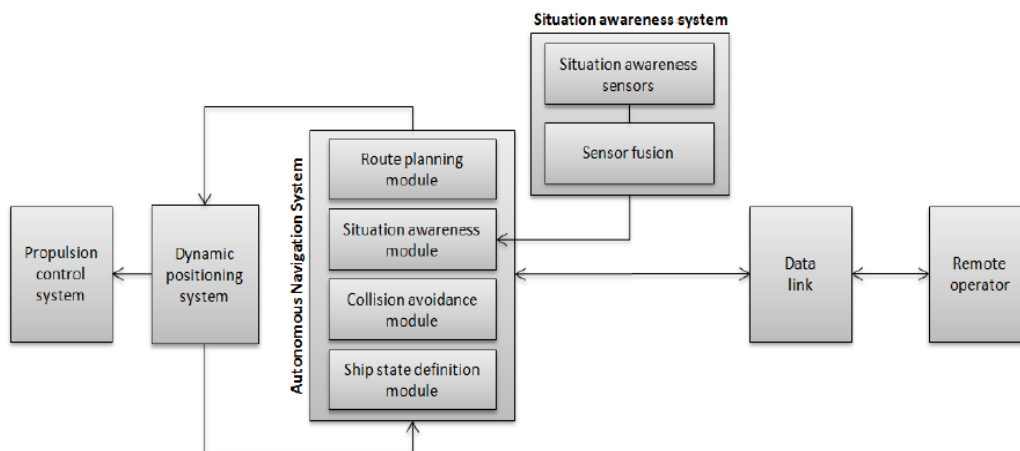
Όμως η αποφυγή κινούμενων η ακόμα και στατικών εμποδίων για ένα αυτόνομο όχημα, τόσο στην περιοχή του λιμανιού όσο και στην ανοιχτή θάλασσα είναι ένα βασικό πρόβλημα το οποίο έχει απασχολήσει τους ειδικούς και έχει μελετηθεί για αρκετές δεκαετίες. Ένας σημαντικός λόγος που έχουμε καταλήξει σε αυτό το συμπέρασμα είναι ύπαρξη ποικίλων στρατηγικών σχεδιασμού λόγω πολλαπλών συστημάτων. Επίσης οι περιορισμοί που πολύ πιθανό να παρουσιάζει ένα σκάφος όσον αφορά τις κινήσεις του η την δυναμική του, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στους ελιγμούς του. Στα αυτόνομα πλοία, σημαντική παράμετρος είναι και τα περιβαλλοντολογικά φαινόμενα καθώς οι έντονες πχ καιρικές συνθήκες ίσως οδηγήσουν στον επαναπρογραμματισμό της διαδρομής. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι υπάρχουν αρκετοί παράμετροι οι όποιοι πρέπει να μελετηθούν ενδελεχώς.

Ωστόσο ανεξαρτήτως των πληθώραν παραμέτρων και το χρόνο που απαιτεί η μελέτη τους, μπορούμε να σταθούμε σε δυο βασικές στρατηγικές που αφορούν τον σχεδιασμό των διαδρομών.

Στην πρώτη περίπτωση ο σχεδιασμός μιας διαδρομής γίνεται μέσα από γραφήματα με την απεικόνιση αλγορίθμων ενώ στην δεύτερη περίπτωση ο σχεδιασμός μιας διαδρομής γίνεται από δειγματοληψίες. Το κύριο πλεονέκτημα των προσεγγίσεων που βασίζονται σε δειγματοληψία, όπως ο πιθανολογικός χάρτης πορείας (PRM) και η γρήγορη εξερεύνηση του τυχαίου δέντρου (RRT) και των παραλλαγών τους, είναι η ικανότητα εύκολης συμπερίληψης δυναμικών και κινηματικών περιορισμών του οχήματος.

### **Αυτόνομο σύστημα πλοήγησης (ANS) της AAWA**

Στο έργο **AAWA** έλαβαν χώρα όλες οι απαραίτητες ενέργειες για την ανάπτυξη και ολοκλήρωση μιας πλήρους αυτόνομης αρχιτεκτονικής πλοήγησης πλοίων. Η μέθοδος αυτή αξιοποίησε ένα σύστημα Δυναμικής Τοποθέτησης (DP) της Rolls Royce το οποίο αναπτύχθηκε για μελλοντικά αυτόνομα πλοία και το ενέταξε σε ένα Αυτόνομο Σύστημα Πλοήγησης (ANS). Μέσα σε αυτήν την ενεργεία συμπεριέλαβε την Επίγνωση της κατάστασης (SA), την αποφυγή σύγκρουσης (CA), τον προγραμματισμό διαδρομών (RP) και τον ορισμό κατάστασης πλοίου (SSD). Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε ολόκληρη την αρχιτεκτονική.



Εικόνα 11. Σύστημα Πλοήγησης

Το υψηλότερο επίπεδο στο σύστημα ANS είναι η μονάδα Ship State Definition (SSD) ή το "Virtual Captain" (VC), το οποίο συνδυάζει πληροφορίες από διαφορετικά υποσυστήματα ANS (SA, DP, RP και CA), καθώς και από άλλα συστήματα αυτοματισμού πλοίου και τον χειριστή για να καθορίσει την τρέχουσα κατάσταση των συστημάτων του πλοίου.

### Dynamic positioning systems

Τα δυναμικά συστήματα τοποθέτησης δίνουν την δυνατότητα στο πλοίο να διατηρεί αυτόματα τη θέση ή την κατεύθυνση του χρησιμοποιώντας έλικες, πηδάλια και προωθητές. Ακόμα και σε έντονες καιρικές συνθήκες μπορεί να επιτευχθεί αποτελεσματικά η διατήρηση της θέσης, ωστόσο κρίνεται απαραίτητο ένας συνδυασμός του παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος πλοήγησης (GNSS) με συμμετοχή αισθητήρων ανέμου και αδρανειακών μονάδων μέτρησης (IMU). Τα σύγχρονα συστήματα DP, παρέχουν την δυνατότητα στα πλοία να πραγματοποιήσουν ελιγμούς σε χαμηλές ταχύτητες. Αυτό επιτρέπει την ενσωμάτωση της αυτόνομης συμπεριφοράς στον έλεγχο των πλοίων. Καθώς το σύστημα DP έχει ήδη αποκτήσει πληροφορίες σχετικά με τις δυνατότητες ελιγμών του πλοίου, είναι σε θέση να υπολογίσει πού μπορεί να κινηθεί το πλοίο μελλοντικά. Αυτοί οι δυναμικοί περιορισμοί στην κίνηση του πλοίου μεταδίδονται στη μονάδα CA για να επιτρέψουν πιο αποτελεσματικό σχεδιασμό τοπικών διαδρομών.



### **Route Planning (RP)**

Η ενότητα του προγραμματισμού των διαδρομών, είναι μια μονάδα λογισμικού που είναι υπεύθυνη για τον σχεδιασμό της διαδρομής από την αρχή έως το τέλος, μέσω προκαθορισμένων σημείων αποφεύγοντας παράλληλα τα στατικά εμπόδια που ορίζονται στα ηλεκτρονικά διαγράμματα πλοήγησης. Ωστόσο, η μονάδα RP χρησιμοποιεί το προγραμματισμένο ταξίδι με για να συλλέξει πληροφορίες με σκοπό τον σχεδιασμό της πραγματικής διαδρομής για το πλοίο. Η διαδρομή αποτελείται από σημεία, επικεφαλίδες και ταχύτητα για το πλοίο. Η μονάδα RP δεν σχεδιάζει διαδρομές σε πραγματικό χρόνο, καθώς η μονάδα CA είναι υπεύθυνη για ελιγμούς που γίνονται για την αποφυγή εμποδίων.

### **Collision Avoidance (CA)**

Η μονάδα αποφυγής συγκρούσεων είναι υπεύθυνη για την ασφαλή πλοήγηση του πλοίου. Χρησιμοποιεί τις διαθέσιμες πληροφορίες από την μονάδα προγραμματισμού διαδρομών, για να ακολουθήσει την διαδρομή που εξυπηρετεί τον τελικό προορισμό. Ωστόσο, υπάρχουν αρκετές πιθανότητες να αποκλίνει από την πορεία εάν εντοπιστεί κίνδυνος σύγκρουσης. Η μονάδα SA παρέχει τον τοπικό χάρτη και πληροφορίες που δείχνουν τα τρέχοντα εμπόδια κοντά στο πλοίο. Η μονάδα DP προμηθεύει τη μονάδα CA με πληροφορίες οι οποίες αφορούν μια περιοχή όπου το πλοίο μπορεί να κάνει ελιγμούς και έτσι δημιουργεί όρια για νέα σημεία που μπορούν να εκχωρηθούν ρεαλιστικά. Η μονάδα CA έχει δύο κύριες λειτουργίες. Η πρώτη αφορά την εκτίμηση του κινδύνου σύγκρουσης και η δεύτερη αφορά την ασφαλή πλοήγηση του πλοίου τόσο στο λιμάνι όσο και στην ανοιχτή θάλασσα. Όταν όμως εντοπιστεί μια κατάσταση με υψηλή επικινδυνότητα, όπως μια ενδεχόμενη σύγκρουση τότε η μονάδα SSD αξιολογεί όλα τα δεδομένα από διαφορετικά υποσυστήματα με σκοπό να προκύψει ο τελικός ορισμός της κατάστασης του πλοίου.

### **Situational Awareness (SA)**

Η μονάδα ευαισθητοποίησης κατάστασης (SA) συνδέεται με πολλαπλές συσκευές αισθητήρων διαφορετικών τύπων. Η μονάδα SA συγχωνεύει τα δεδομένα του αισθητήρα και εξάγει σχετικές πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον του πλοίου για χρήση από το σύστημα CA. Η μονάδα SA μπορεί επίσης να πραγματοποιήσει μείωση των δεδομένων αισθητήρα για πιο αποτελεσματική επικοινωνία δεδομένων εκτός πλοίου.



### **Περιβαλλοντική χαρτογράφηση και ανίχνευση εμποδίων για αυτόνομη πλοήγηση πλοίων.**

Η χαρτογράφηση είναι η διαδικασία μέσα από την οποία πραγματοποιείται μια αναπαράσταση του κόσμου. Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να πετύχουμε μια σωστή χαρτογράφηση. Αυτά εξαρτώνται από την εφαρμογή, πού χρειάζονται οι χάρτες και ποιοι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την αντίληψη του περιβάλλοντος. Οι πληροφορίες που αντλούμε από τον χάρτη χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό διαδρομών, την αποφυγή εμποδίων και τον εντοπισμό του αυτόνομου πλοίου. Γενικώς έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι για την επεξεργασία δεδομένων για μοντελοποίηση και αναπαράσταση ενός 2D ή 3D κόσμου, για παράδειγμα, χάρτες πλέγματος πληρότητας, πλέγμα ύψους και τύπος χαρτών Quadtree.

Ενδεικτικά είμαστε σε θέση να αναφέρουμε δυο βασικές προσεγγίσεις για την παρουσίαση του κόσμου. Είναι οι τοπολογικοί χάρτες και οι μετρικοί χάρτες.

Οι τοπολογικές προσεγγίσεις περιγράφουν τη συνδεσιμότητα των χωρικών θέσεων στο περιβάλλον, ενώ οι τοπολογικοί χάρτες ταιριάζουν καλύτερα για υψηλού επιπέδου προγραμματισμό διαδρομών και αποστολών. Οι μετρικοί χάρτες περιγράφουν τον κόσμο μέσω μιας γεωμετρικής παρουσίασης ενώ περιέχουν γεωμετρικές πληροφορίες που είναι απαραίτητες για τον σχεδιασμό και την εκτέλεση τροχιών με ασφάλεια, αποφεύγοντας τις συγκρούσεις.

### **3.1.3 Επίγνωση της κατάστασης (SA) για αυτόνομα πλοία**

#### **Αίσθηση του περιβάλλοντος του πλοίου και τεχνολογίες αισθητήρων για επίγνωση της κατάστασης.**

Το κύριο καθήκον της σύντηξης αισθητήρα είναι ο συνδυασμός των δεδομένων από διαφορετική πηγή αισθητήρα με τέτοιο τρόπο ώστε η βέλτιστη αντίληψη SA να είναι εγγυημένη κάτω από όλες τις συνθήκες και σε όλες τις καταστάσεις. Στη συνέχεια, τα δεδομένα SA χρησιμοποιούνται για την χαρτογράφηση τοπικών εμποδίων για την αποφυγή αντιδραστικής σύγκρουσης. Υπάρχουν αρκετοί μέθοδοι για τη σύντηξη πολλαπλών τύπων αισθητήρων, όπως LIDAR, κάμερες και ραντάρ.



### Κάμερες

Οι κάμερες ανήκουν στα βασικά αισθητήρια που συναντάμε σε ένα πλοίο. Σε γενικές γραμμές το κόστος δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό ωστόσο πρόκειται για ένα υλικό αρκετά ανθεκτικό, μικρό σε μέγεθος και παρέχει υψηλή χωρική ανάλυση με έγχρωμες πληροφορίες με σκοπό την αναγνώριση αντικειμένων. Η αληθινή νυχτερινή όραση είναι δυνατή με θερμικές απεικονίσεις υπερύθρων και ένα ζεύγος φωτογραφικών μηχανών μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια στερεοσκοπική διαμόρφωση για αίσθηση 3D.

Τα τελευταία έτη η τεχνολογία κάμερας βελτιώνεται συνεχώς, οι κάμερες οπτικού φάσματος HD θεωρούνται ως μια σημαντική τεχνολογία για συγχώνευση με άλλα αισθητήρια και η μεγάλη βάση γνώσεων σε αλγορίθμους οπτικής ανάλυσης παρέχει πολλές πιθανές λύσεις για την επίγνωση κατάστασης(SA) του πλοίου. Η υψηλή χωρική ανάλυση επιτρέπει την αναγνώριση αντικειμένων και εμποδίων, είτε από έναν απομακρυσμένο χειριστή είτε μέσω αυτοματοποιημένων αλγορίθμων ανάλυσης. Ένα μειονέκτημα ωστόσο που είναι άξιο αναφοράς είναι η μεγάλη ποσότητα δεδομένων που παράγονται από αισθητήρες υψηλής ανάλυσης. Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες απαιτούν εκτεταμένη απόδοση επεξεργασίας και συνδέσμους δεδομένων υψηλού εύρους ζώνης για ανάλυση και μετάδοση.

Οι κάμερες οπτικού φάσματος έχουν ορισμένους σοβαρούς περιορισμούς καθώς δεν είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν στο σκοτάδι και η ύπαρξη κακών καιρικών συνθηκών μειώνει αισθητά το οπτικό τους πεδίο. Καλύτερη απόδοση μπορεί να επιτευχθεί με κάμερες που λειτουργούν στην περιοχή υπερύθρων (IR). Η ανίχνευση Near-IR (NIR) χρησιμοποιείται συνήθως για νυχτερινή όραση σε κάμερες ασφαλείας, επειδή τα σήματα NIR μπορούν να ληφθούν με φθηνούς αισθητήρες κάμερας CMOS / CCD. Η πραγματική παθητική νυχτερινή όραση μπορεί να πραγματοποιηθεί με κάμερες Long-Wave IR (LWIR), οι οποίες είναι ευαίσθητες στην ακτινοβολία υπερύθρων στην περιοχή μήκους κύματος 8-14  $\mu\text{m}$ . Επειδή η θερμική ακτινοβολία LWIR εκπέμπεται παθητικά από όλα τα αντικείμενα, οι αισθητήρες LWIR μπορούν να χρησιμοποιηθούν για απεικόνιση σε απόλυτο σκοτάδι. Λόγω των διαφορετικών ιδιοτήτων θερμικής εκπομπής, μια οπτικά σημαντική εικόνα μπορεί να δημιουργηθεί ακόμη και από αντικείμενα και σκηνές, όπου η μέση θερμοκρασία είναι ουσιαστικά ομοιόμορφη. Οι κάμερες LWIR με βάση το μικροβολόμετρο είναι η πιο προσιτή τεχνολογία θερμικής απεικόνισης. Σε αντίθεση δε με ορισμένες άλλες τεχνολογίες υπερύθρων, οι αισθητήρες βολόμετρο δεν απαιτούν κρυογονική ψύξη, οδηγώντας σε πιο στιβαρό υλικό κάμερας. Το μειονέκτημα που παρουσιάζουν οι αισθητήρες LWIR με βάση το βολόμετρο είναι η χαμηλή ανάλυσή τους συνήθως 640x480 pixel.



Πιο πρόσφατα, η τεχνολογία Short-Wave IR (SWIR) έχει διατεθεί επίσης για μη στρατιωτικές ή επιστημονικές εφαρμογές. Οι αισθητήρες SWIR λειτουργούν στην περιοχή μήκους κύματος 1-3  $\mu\text{m}$ , όπου το ανιχνευόμενο σήμα δεν εκπέμπεται παθητικά, αλλά αντανακλάται ακτινοβολία. Οι αισθητήρες SWIR παρέχουν καλύτερη ορατότητα μέσω ομίχλης ή ομίχλης από τις κάμερες οπτικού φάσματος και λειτουργούν επίσης καλά σε συνθήκες πολύ χαμηλού φωτισμού, αλλά όχι σε απόλυτο σκοτάδι. Έχει δηλωθεί ότι το SWIR επιτρέπει καλύτερο εύρος ανίχνευσης σε υγρές και ομιχλώδεις συνθήκες από το LWIR. Ωστόσο, η τεχνολογία SWIR είναι επί του παρόντος ακριβότερη από την LWIR και δεν βελτιώνεται η χωρική ανάλυση. Ενώ οι αισθητήρες υπερύθρων προσφέρουν καλύτερη ορατότητα από τις κάμερες οπτικής εμβέλειας, η απόδοσή τους υποβαθμίζεται επίσης σε κακές καιρικές συνθήκες. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο μια πηγή αισθητήρα που είναι ισχυρή έναντι των καιρικών φαινομένων, όπως το ραντάρ, πρέπει να συγχωνευθεί με τα λιγότερο αξιόπιστα δεδομένα της κάμερας.

### Ραντάρ και LIDAR

Στις ναυτιλιακές εφαρμογές τα ραντάρ διαδραματίζουν σημαντικό ρολό εδώ και πολλά έτη. Η ικανότητα του ραντάρ επηρεάζεται από τη ζώνη συχνοτήτων λειτουργίας του, έτσι ώστε συνήθως οι υψηλότερες συχνότητες προσφέρουν καλύτερη γωνία και εύρος ανάλυσης. Στην αγορά συναντάμε μεγάλη ποικιλία ραντάρ, τα οποία προορίζονται για διαφορετικούς σκοπούς, με συγκεκριμένες συχνότητες φορέα, εύρος ζώνης, διάρκεια μετάδοσης, κυματομορφές, κεραιές κ.λπ. Συνήθως, τα θαλάσσια ραντάρ είναι ραντάρ μικροκυμάτων που χρησιμοποιούν ζώνες S ή X, τα οποία είναι ανθεκτικά σε διαφορετικές καιρικές συνθήκες.

Ωστόσο, η ανάλυση του παραδοσιακού θαλάσσιου ραντάρ ενδέχεται να μην επαρκεί για την αποφυγή αντιδραστικής σύγκρουσης. Τα νέα ραντάρ ζώνης Ka και W, που αναπτύχθηκαν αρχικά για εφαρμογές αυτοκινήτου, θα μπορούσαν να είναι ευεργετικά σε αυτόνομες εφαρμογές πλοίων, ειδικά για ανίχνευση εμποδίων σε στενή απόσταση. Προσφέρουν πολύ καλύτερη ανάλυση γωνίας και απόστασης από τα παραδοσιακά ραντάρ πλοίου, με κόστος μειωμένης εμβέλειας. Αυτοί οι νέοι τύποι ραντάρ μαζί με σύγχρονα ραντάρ S- και X-band και αρκετοί διαφορετικοί τύποι κάμερας αξιοποιούνται στην ανάπτυξη για να επιτρέψουν την αποφυγή αντιδράσεων κοντά σε πεδίο, καθώς και την αυτόνομη πλοήγηση.

Το **LIDAR(Light Detection And Ranging)**, είναι μια τεχνολογία αισθητήρα λέιζερ σάρωσης, η οποία μπορεί να παρέχει πολύ ακριβείς μετρήσεις απόστασης. Πολυκάναλες συσκευές όπως αυτές που χρησιμοποιούνται σε αυτόνομα δοκιμαστικά αυτοκίνητα της Google, μπορούν να δημιουργήσουν έναν πολύ λεπτομερή τρισδιάστατο χάρτη του περιβάλλοντος χώρου του οχήματος.





Ωστόσο ένα μειονέκτημα του LIDAR είναι ότι χρησιμοποιεί γρήγορα κινούμενα μηχανικά εξαρτήματα για τη λειτουργία σάρωσης, τα οποία θα μπορούσαν να είναι επιρρεπή σε δυσλειτουργίες, ειδικά για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους σε σκληρό θαλάσσιο περιβάλλον. Επίσης το LIDAR χρησιμοποιεί μια δέσμη λέιζερ, για αυτό τον λόγο η εμβέλεια και η ακρίβειά του επηρεάζονται επίσης από δυσμενείς καιρικές συνθήκες, όπως ισχυρή ομίχλη, βροχή και χιόνι, παρόμοια με τις κάμερες IR.

### Σύντηξη και επεξεργασία δεδομένων αισθητήρα

Η σύντηξη αισθητήρα αποτελεί το κλειδί για την επίτευξη επαρκούς αξιοπιστίας κατάστασης. Κάθε αισθητήρας έκτος φυσικά από την λειτουργικότητα του και τα πλεονεκτήματα του, παρουσιάζει κάποιες αδυναμίες. Αυτές έχουν να κάνουν με περιορισμούς σε ορισμένες συνθήκες όπως στις καιρικές συνθήκες η στο εύρος ανίχνευσης. Για να επιτευχθεί λοιπόν καλύτερα συνολική απόδοση είναι απαραίτητο να συνδυαστούν αρμόνικα οι δυνατότητες πολλών αισθητήριων μαζί.

Παρακάτω θα παραθέσουμε έναν πίνακα μέσα από τον οποίο μπορούμε να δούμε πιθανούς εύστοχους συνδυασμούς αισθητήριων.

Table 1. Comparison of different marine SA sensors.

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

Εικόνα 12. Αισθητήρια.



Τα ραντάρ επιτρέπουν την εύκολη παρακολούθηση της απόστασης και μπορούν να παρέχουν την απαιτούμενη ανοχή στις κακές καιρικές συνθήκες. Η εφαρμογή νέων ραντάρ υψηλών GHz που αναπτύχθηκαν για την αποφυγή σύγκρουσης αυτοκινήτων μπορεί επίσης να παρέχει επαρκή ακρίβεια ανίχνευσης αντικειμένων για περιοχές που είναι πολύ μικρές και πολύ ανακριβείς για συμβατικά ραντάρ πλοίου. Οι κάμερες μπορούν να αυξήσουν τα δεδομένα ραντάρ παρέχοντας πιο λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την ανίχνευση αντικείμενα. Επιπλέον, η σύντηξη καμερών και ραντάρ μπορεί επίσης να αυξήσει την αντοχή ανίχνευσης. Οι θερμικές κάμερες IR μπορούν να δουν αντικείμενα και σε απόλυτο σκοτάδι, ενώ οι έγχρωμες πληροφορίες από κανονικές κάμερες HD μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τμηματοποίηση αντικειμένων στο νερό.

Η ηχητική σηματοδότηση αποτελεί επίσης αναπόσπαστο μέρος της τρέχουσας διαδικασίας θαλάσσιας πλοήγησης. Προκειμένου να υλοποιηθεί ένα σύστημα SA που είναι τουλάχιστον εξίσου ικανό με ένα ανθρώπινο πλήρωμα, θα πρέπει επίσης να συμπεριληφθεί η λήψη ήχου και η ανάλυση δεδομένων.

Όσον αφορά όμως την λήψη ήχου σημαντική λεπτομέρεια για την αποφυγή μιας σύγκρουσης είναι ο εντοπισμός της πηγής από την οποία πηγάζει ένας ήχος. Η πηγή ενός ήχου πρέπει να εντοπιστεί χωρικά μέσω μιας σειράς μικροφώνων και τα δεδομένα ήχου συγχωνεύονται με άλλους τρόπους αισθητήρων.

### **Επεξεργασία δεδομένων αισθητήρα**

Η ανάλυση δεδομένων που παρέχονται από κάμερες θεωρείται το πιο υπολογιστικά εντατικό μέρος ενός αγωγού σύντηξης αισθητήρα. Η έξοδος που δημιουργείται από τα ραντάρ είναι αραιή και επομένως πολύ πιο εύκολη στην επεξεργασία. Ένα σημαντικό μέρος της επεξεργασίας δεδομένων εικόνας, είναι η τμηματοποίηση των δεδομένων εισαγωγής. Οι βιντεοκάμερες υψηλής ανάλυσης παρέχουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων, τα περισσότερα από τα οποία δεν σχετίζονται με τη διαδικασία ανίχνευσης αντικειμένων και κατανόησης περιεχομένου εικόνας.

Το πρώτο βήμα σε μια διαδικασία ανάλυσης εικόνας είναι η τμηματοποίηση των πρωτογενών δεδομένων εισαγωγής, δηλαδή η κατάργηση όλων των πληροφοριών που δεν είναι σχετικές.

Στη μειωμένη ποσότητα δεδομένων εικόνας, μπορούν στη συνέχεια να εφαρμοστούν πιο πολύπλοκοι αλγόριθμοι ανάλυσης για παρακολούθηση χωρικών και χρονικών αντικειμένων και ταξινόμηση αντικειμένων.

Αν θέσουμε ένα παράδειγμα στο οποίο έχουμε να αναλύσουμε μια θαλάσσια σκηνή, η εικόνα αυτή αποτελείται από τρία επιμέρους μέρη. Το νερό στο κάτω μέρος, ο ουρανός στο πάνω μέρος και οριζόντια περιοχή στη μέση. Βρίσκοντας τη γραμμή



ορίζοντα, ένα μεγάλο μέρος των δεδομένων εικόνας μπορεί να απορριφθεί από περαιτέρω επεξεργασία. Η σύντηξη αισθητήρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διευκολύνει τη διαδικασία χρησιμοποιώντας ενδείξεις από άλλους τρόπους αισθητήρα για να βοηθήσει τον αγωγό επεξεργασίας εικόνας.

Τα δεδομένα από πολλούς αισθητήρες μπορούν να συντηχθούν με διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος τρόπος αφορά την σύντηξη χαμηλού επιπέδου και πραγματοποιείται σε πρωτογενή ή σχεδόν μη επεξεργασμένα δεδομένα από διαφορετικούς αισθητήρες, ενώ ο τρόπος που αφορά την σύντηξη υψηλού επιπέδου, οι ξεχωριστές ροές δεδομένων υποβάλλονται σε επεξεργασία μεμονωμένα και οι ανιχνεύσεις από διαφορετικούς αισθητήρες συνδυάζονται σε επίπεδο αντικειμένου. Η χρήση σύντηξης χαμηλού επιπέδου είναι πιο φυσική μεταξύ δύο διαφορετικών τύπων κάμερας, όπως οπτικοί και θερμικοί αισθητήρες, ενώ η σύντηξη μεταξύ κάμερας και ραντάρ μπορεί να εφαρμοστεί πιο φυσικά σε υψηλότερο επίπεδο αντικειμένου. Στην πράξη, ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για την εφαρμογή σύντηξης αισθητήρα μεταξύ πολλαπλών διαφορετικών τρόπων αισθητήρα είναι πιθανώς ένας συνδυασμός και των δύο χαμηλού επιπέδου και προσεγγίσεις υψηλού επιπέδου σύντηξης.

Σε μια διαδικασία σύντηξης αισθητήρα θαλάσσης, το ραντάρ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει γωνίες και αποστάσεις για διάφορα αντικείμενα στη θάλασσα. Στην συνέχεια αυτές οι πληροφορίες μπορούν να αντιστοιχιστούν σε αντίστοιχα αντικείμενα τα οποία έχουν τμηματοποιηθεί από πολλά δεδομένα κάμερας με σκοπό την εξαγωγή περισσότερων λεπτομερειών. Η παρουσία του ίδιου αντικειμένου σε πολλαπλά δεδομένα αισθητήρων παρέχει μια πιο ισχυρή ανίχνευση σε σχέση μια μοναδική πηγή αισθητήρα. Η χωρική και χρονική παρακολούθηση αντικειμένων μπορεί να εφαρμοστεί για να παρέχει συνεχή επίγνωση της κατάστασης για την αποφυγή αντιδραστικής σύγκρουσης.

Προκειμένου να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή αυτόνομη αξιοπιστία πλοήγησης, όλες οι διαθέσιμες πηγές δεδομένων που μπορούν να βοηθήσουν τη διαδικασία πλοήγησης και αποφυγής σύγκρουσης πλοίων θα πρέπει επίσης να συγχωνευτούν με δεδομένα αισθητήρα τα οποία βρίσκονται στο σκάφος. Αυτές περιλαμβάνουν τεχνολογίες, όπως **GPS**, **AIS**, **ARPA** και **ECDIS**, οι έξοδοι των οποίων μπορούν να συγχωνευθούν με τα εξαγόμενα δεδομένα αισθητήρα μέσω τοπικού και παγκόσμιου χάρτη υψηλού επιπέδου.



### 3.1.4 Επικοινωνία εκτός πλοίου

Η δυνατότητα ανθρώπινης επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης πρέπει να ενεργοποιηθεί για καταστάσεις, τις οποίες η αυτονομία του πλοίου δεν μπορεί να επιλύσει ή δεν επιτρέπεται να χειριστεί από μόνη της. Η αναμετάδοση των πληροφοριών SA που συλλέγονται από τους αισθητήρες του πλοίου ενδέχεται να απαιτεί τη μεταφορά σημαντικών ποσοτήτων δεδομένων. Λόγω πρακτικών περιορισμών π.χ. δορυφορικές επικοινωνίες σε ανοιχτή θάλασσα, το ίδιο εύρος ζώνης ενδέχεται να μην είναι διαθέσιμο ανά πάσα στιγμή. Έτσι πρέπει να εξεταστούν μέθοδοι για τη μείωση της ποσότητας των δεδομένων αισθητήρα μόνο σε ό, τι είναι απολύτως απαραίτητο. Επίσης σημαντικά ζητήματα όπως η ασφάλεια δεδομένων και η αξιοπιστία συνδέσμων πρέπει να αντιμετωπιστούν με επιτυχία ενώ πρέπει να εξεταστούν και να αξιολογηθούν και οι δυνατότητες χρήσης πολλαπλών εναλλακτικών δικτύων επικοινωνίας όπως ο δορυφόρος, VHF η το 4G.

Τέλος μια επιπλέον λύση για επικοινωνία έκτος πλοίου είναι και η μετάδοση βίντεο HD. Ωστόσο αυτή απαιτείται μόνο όταν συμβεί κάτι απροσδόκητο που απαιτεί την προσοχή του κέντρου ελέγχου της ακτής. Μια τέτοια κατάσταση θα μπορούσε, για παράδειγμα, να εντοπίσει ένα εμπόδιο που απαιτεί ανθρώπινη αναγνώριση ή μια κατάσταση στην οποία το πλοίο δεν μπορεί να υπολογίσει έναν αξιόπιστο ελιγμό αποφυγής. Θεωρητικά για τις περισσότερες φορές στην ανοιχτή θάλασσα, το αυτόνομο σύστημα ελέγχου είναι σε θέση να χειριστεί την κατάσταση με τη βοήθεια των αισθητηριακών συστημάτων επί του σκάφους έτσι, τις περισσότερες φορές, απαιτείται πολύ ελάχιστος αριθμός εξερχόμενων δεδομένων, για την κατάσταση πλοίου και μειωμένα δεδομένα αισθητήρα.

Στην ανοιχτή θάλασσα, το κύριο μέσο επικοινωνίας είναι μέσω δορυφόρου, ωστόσο, η δορυφορική επικοινωνία μπορεί να διαταραχθεί από τις καιρικές συνθήκες. Το ποσό της εξασθένησης που προκαλείται από μια έντονη βροχή για παράδειγμα εξαρτάται από τη ζώνη συχνοτήτων που χρησιμοποιείται από το δορυφορικό δίκτυο. Υπάρχουν δυο ζώνες συχνοτήτων, η ζώνη Ka(πάνω από 20 GHz) και η ζώνη L(1 έως 2 GHz). Για παράδειγμα, το ξεθώριασμα είναι πολύ πιο σοβαρό στις ζώνες Ka από ό, τι στη ζώνη L. Ωστόσο, ο συνδυασμός ενός συστήματος Ka-band με ένα λιγότερο ευαίσθητο στις καιρικές συνθήκες δίκτυο L-band, όπως έχει γίνει στο σύστημα Inmarsat Global Xpress, μειώνει τον κίνδυνο απώλειας όλων των επικοινωνιών, ακόμη και αν το σύστημα Ka-band θα ήταν μη λειτουργικό. Το σύστημα Inmarsat επιτρέπει τη δυναμική εναλλαγή μεταξύ των δύο τύπων δορυφόρων χωρίς προσπάθεια χρήστη.



Οι πιθανές επιπτώσεις του καιρού ή της συμφόρησης πολλών χρηστών στην απόδοση της επικοινωνίας θα πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά κατά την εφαρμογή του ελέγχου και της «ευφυΐας» ολόκληρου του συστήματος αυτονομίας μέσω του «Virtual Captain». Μπορεί να προκύψουν δύσκολες καταστάσεις εάν ο κακός καιρός προκαλεί ταυτόχρονα μείωση της ικανότητας του συστήματος SA, και μείωση της ικανότητας datalink που απαιτείται για τη μεταφορά δεδομένων αισθητήρα από το πλοίο. Πρέπει να καθοριστούν οι σωστές συμπεριφορές και προφυλάξεις για τέτοιες καταστάσεις.

Αυτά τα ζητήματα αντιμετωπίζονται στην ανάπτυξη αρχιτεκτονικής ANS στο AAWA, μέσω του Virtual Captain και του ορισμού της κατάστασης πλοίου που συζητήθηκε προηγουμένως.

### 3.2 MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence Networks) <sup>[19]</sup>

Τα συστήματα μεταφοράς χωρίς την παρουσία οδηγού έχουν ήδη «εισβάλει» στην ζωή μας, σε αρκετούς τομείς μεταφοράς όπως και στον τομέα της ναυσιπλοΐας. Πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της κατηγορίας αυτής είναι και τα αυτόνομα λειτουργικά υποθαλάσσια οχήματα τα οποία κατασκευάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για ερευνητικούς σκοπούς. Οι ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις στις θαλασσιές μεταφορές οδήγησε χώρες και εταιρίες κολοσσούς να επενδύσουν πάνω στην ιδέα των αυτόνομων θαλασσιών οχημάτων με απώτερο στόχο φυσικά να ικανοποιήσουν αυτές τις απαιτήσεις. Εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το έργο MUNIN, διεξάχθηκε μεταξύ του 2012 και του 2015, είχε προϋπολογισμό 3,8 εκατ. ευρώ και συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και οκτώ εταίρους αναπτύσσει μια ιδέα για την πραγματοποίηση ταξιδιού με σκοπό την μεταφορά φορτίου από ένα μη επανδρωμένο σκάφος. Το σκάφος θα βρίσκεται σε αυτόνομη λειτουργία επιτρέποντάς του να ενεργεί ανεξάρτητα, εντός ενός ορισμένου βαθμού ελευθερίας, αλλά παρακολουθείται συνεχώς από έναν σταθμό ελέγχου με βάση την ακτή. Το έργο αποσκοπεί στο να αξιολογηθούν κάποιες σημαντικές παράμετροι όπως η τεχνική και η νομική σκοπιμότητα αλλά και να υπάρξει μια ανάλυση μεταξύ του κόστους του έργου και τα οφέλη που θα προσδώσει. Όσον αφορά την πλοήγηση, το MUNIN εστιάζει ιδιαίτερα στην ανάπτυξη προηγμένων και ολοκληρωμένων συστημάτων αισθητήρων για αυτοματοποιημένη επιτήρηση, αυτόνομα συστήματα πλοήγησης που ενσωματώνουν COLREGs και ασφαλή λειτουργία σε δύσκολες καιρικές συνθήκες, μια ασφαλή και αξιόπιστη αρχιτεκτονική επικοινωνίας πλοίου-ακτής, καθώς και σχεδιασμό σταθμών παρακολούθησης στην ξηρά.



Παράλληλα με αυτές τις δραστηριότητες, βρίσκεται σε εξέλιξη η πρωτοβουλία e-Navigation, η οποία ξεκίνησε από τον IMO το 2005. Η βασική γραμμή του εγγράφου είναι μια σύντομη εισαγωγή στην ηλεκτρονική πλοήγηση, τις ανάγκες των χρηστών, τα κενά και τις λύσεις, καθώς και μια επισκόπηση του έργου MUNIN, της αρχιτεκτονικής και των τρόπων λειτουργίας του. Στη συνέχεια, αυτό το έγγραφο περιγράφει λεπτομερώς τον τρόπο με τον οποίο οι λύσεις που αναπτύχθηκαν εντός του MUNIN αντιμετωπίζουν επίσης τις αναγνωρισμένες ανάγκες των χρηστών και πώς τα έργα προτίθενται να υποστηρίξουν την ανάπτυξη των λύσεων προτεραιότητας e-Navigation.

### 3.2.1 E-Navigation

Η ηλεκτρονική πλοήγηση είναι μια πρωτοβουλία του IMO η οποία ξεκίνησε το 2005. Σκοπός ήταν η αύξηση της ασφάλειας κατά την διάρκεια της πλοήγησης η οποία θα πραγματοποιούταν με την σύγχρονη τεχνολογία. Μέσω του έργου e-Navigation όλες οι πληροφορίες που λαμβάνει το σκάφος συλλέγονται ενσωματώνονται και αξιολογούνται από ηλεκτρονικά μέσα στην ξηρά, για την ενίσχυση της πλοήγησης αλλά και γενικότερα για την ασφάλεια στη θάλασσα και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Η ηλεκτρονική πλοήγηση προβλέπει πρόοδο στους τρεις τομείς:

- Στα ενσωματωμένα συστήματα πλοήγησης,
- Στην διαχείριση πληροφοριών κυκλοφορίας πλοίων από την ξηρά.
- Βελτίωση υποδομών επικοινωνίας μεταξύ πλοίο-προς-πλοίο , πλοίο-προς-ακτή και από ακτή-σε-ακτή.

Τα συστήματα πλοήγησης του πλοίου θα μπορούσαν να επωφεληθούν από την καλύτερη ενσωμάτωση των αισθητήρων πλοίου και των τυπικών διεπαφών χρήστη, ενώ η διαχείριση της ακτής θα μπορούσε να επωφεληθεί από πιο ολοκληρωμένα, αλλά εύκολα κατανοητά δεδομένα, που παρέχονται από μια απρόσκοπτη μεταφορά πληροφοριών.



### **Αναγνωρισμένες ανάγκες χρήστη.**

Στο ξεκίνημα της διαδικασίας που αφορά την ηλεκτρονική πλοήγηση οι ανάγκες των χρηστών συγκεντρώθηκαν σε μια παγκόσμια ερευνά. Το έτος 2009 όλες οι ανάγκες παρουσιάστηκαν λεπτομερώς σε μια έκθεση για την 55η συνεδρία NAV. Η έρευνα διερεύνησε λεπτομερώς περισσότερα από δέκα ζητήματα, μερικά από αυτά τα αποτελέσματα σχετίζονται με το έργο MUNIN.

Πιο συγκεκριμένα, η έκθεση που σχετιζόταν με το ζήτημα της επικοινωνίας και την υποστήριξη από την ξηρά, ανέφερε ότι οι αξιωματικοί αισθάνονται αποσπασμένοι από τα καθήκοντα πλοήγησής τους. Οι υπερβολικές απαιτήσεις υποβολής εκθέσεων οι οποίες θα πρέπει να εναρμονιστούν ήταν η βασική αίτια.

Επίσης, οι αξιωματικοί τάχθηκαν υπέρ της χρήσης μιας ευρυζωνικής δορυφορικής επικοινωνίας για επικοινωνία από πλοίο σε ξηρά για να διατηρήσουν τα κανάλια VHF ελεύθερα. Επιπλέον, οι περισσότεροι ερωτηθέντες τάχθηκαν υπέρ ενός πιο στρατηγικού συντονισμού της θαλάσσιας κυκλοφορίας από παράκτια μέρη.

Τέλος το κομμάτι της έρευνας που σχετιζόταν με το περιβάλλον εργασίας του αξιωματικού και τις οθόνες πλοήγησης που πρέπει να επιβλέπει η έκθεση επισήμανε, την ανάγκη για πιο ουσιαστικές πληροφορίες η οποίες έκτος του ότι θα πρέπει να είναι πολύ απαραίτητες, θα πρέπει να παρουσιάζονται σε απλούστερη μορφή. Αυτό θα βοηθούσε να αποφευχθεί η υπερφόρτωση πληροφοριών στους αξιωματικούς, αλλά παρόλα αυτά θα διασφαλιστεί υψηλή ευαισθητοποίηση σε όλες τις περιπτώσεις.

### **Αποτελέσματα της ανάλυσης του χάσματος**

Συνεχίζοντας αυτό το έργο, πραγματοποιήθηκε μια λεπτομερής ανάλυση του προβλήματος στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας e-Navigation. Πιο συγκεκριμένα έπρεπε σε πρώτη φάση να προσδιοριστή η τρέχουσα κατάσταση, έπειτα να προσδιοριστεί το χάσμα στην επιθυμητή κατάσταση και τέλος η λήψη μέσων για την επίτευξη αυτής της κατάστασης.

Τα αποτελέσματα οριστικοποιήθηκαν και παρουσιάστηκαν στην 58η συνεδρία NAV το 2012 (IMO NAV, 2012).

Ανακοινώθηκε μια λίστα που εντός της οποίας ξεχωρίζουν τα κενά των χρηστών σε διαφορετικούς επιχειρησιακούς τομείς και προτείνει λύσεις ηλεκτρονικής πλοήγησης που πρέπει να αντιμετωπιστούν στον επιχειρησιακό, τεχνικό, κανονιστικό και εκπαιδευτικό τομέα.



Παρακάτω τα ακόλουθα κενά:

- Επικοινωνία και ενημέρωση.

-Απουσία διαδικασίας αξιολόγησης για τον ποσοτικό προσδιορισμό των παραμέτρων αξιοπιστίας.

-Απουσία λειτουργιών αυτόματης αξιολόγησης για την παροχή ποσοτικοποιημένων πληροφοριών αξιοπιστίας.

-Ανεπαρκής αξιοπιστία των δεδομένων.

-Ανεπαρκής χρήση φράσεων θαλάσσιας επικοινωνίας.

-Έλλειψη αξιόπιστης ανθρώπινης επικοινωνίας μέσω μηχανών.

-Περιορισμοί εύρους ζώνης επικοινωνίας μεταξύ ακτής πλοίου.

- Λειτουργία πλοίου

-Έλλειψη αποτελεσματικών και εναρμονισμένων μέσων για την αξιολόγηση της ακρίβειας και της λογικότητας των αναφερόμενων πληροφοριών.

-Έλλειψη διαδικασίας αξιολόγησης για τον ποσοτικό προσδιορισμό των παραμέτρων αξιοπιστίας.

-Έλλειψη παρουσίασης πληροφοριών και δεδομένων ελιγμών στην οθόνη πλοήγησης.

-Έλλειψη τυποποίησης για τη λειτουργία των λειτουργιών για την τήρηση του σχεδίου περάσματος.

-Ανακριβή δεδομένα AIS.

- Υπηρεσίες ακτής.

-Έλλειψη σωστής παρουσίασης για τη βελτίωση της επίγνωσης κατάστασης.

-Μη χρησιμοποίηση των εργαλείων παρακολούθησης της κυκλοφορίας που έχουν την δυνατότητα να διαχειριστούν μεγάλο όγκο πληροφοριών.

-Απουσία διαδικασιών που επιτρέπουν στις αρχές της ξηράς να παρακολουθούν την ποιότητα των συστημάτων πλοήγησης στο πλοίο, καθώς και την ποιότητα των πληροφοριών και την αποτελεσματικότητα της επικοινωνίας.





### Προτεραιότητες λύσεων ηλεκτρονικής πλοήγησης.

Η 59η συνεδρία NAV αποφάσισε στη συνέχεια να δώσει προτεραιότητα στις ακόλουθες πέντε κύριες λύσεις (IMO NAV, 2013):

- βελτιωμένη και φιλική προς το χρήστη σχεδίαση γεφυρών.
- μέσα για τυποποιημένες και αυτοματοποιημένες αναφορές.
- αξιοπιστία, ανθεκτικότητα και ακεραιότητα εξοπλισμού γεφυρών και πληροφοριών πλοήγησης.
- ενοποίηση και παρουσίαση των διαθέσιμων πληροφοριών σε γραφικές οθόνες που λαμβάνονται μέσω εξοπλισμού επικοινωνίας.
- βελτιωμένη επικοινωνία υπηρεσιών VTS.

Οι περισσότερες λύσεις αναφέρονται στο ζήτημα της βελτίωσης των επικοινωνιών μεταξύ όλων των ενδιαφερομένων, συμπεριλαμβανομένων των χρηστών στην ξηρά, καθώς αυτό είναι ένα από τα μεγάλα κενά που εντοπίστηκαν.

### 3.2.2 Οικονομικό Μοντέλο

Το MUNIN είναι ένα ερευνητικό έργο που χρηματοδοτείται από το έβδομο πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής με στόχο να αναπτύξει μια ιδέα για μη επανδρωμένη και αυτόνομη λειτουργία. Μέσα από το συγκεκριμένο πρόγραμμα διεξάγεται η τεχνική, νομική και οικονομική μελέτη σκοπιμότητας για ένα σκάφος μη επανδρωμένο. Η βασική ιδέα είναι ότι τα μη επανδρωμένα σκάφη μπορούν να βγάλουν εις πέρας ένα διηπειρωτικό ταξίδι τόσο αποτελεσματικά όσο ένα επανδρωμένο σκάφος. Αυτό θα δοκιμαστεί εντός του έργου με τη βοήθεια ενός ολοκληρωμένου περιβάλλοντος προσομοίωσης που θα επιτρέψει μια δοκιμαστική ιδέα σε πραγματικό χρόνο.



### 3.2.3 Το όραμα και η λογική του έργου.

Το πιο σημαντικό κίνητρο για την ναυπήγηση ενός τέτοιου σκάφους είναι να δημιουργήσει τις απαραίτητες συνθήκες με στόχο μια πιο βιώσιμη βιομηχανία θαλάσσιων μεταφορών.

Γενικότερα, με αφορμή τον έντονο ανταγωνισμό μεταξύ των ναυτιλιακών εταιριών που άφορα το κομμάτι των θαλάσσιων μεταφορών αλλά και η ανάγκη να μειωθούν οι οικολογικές επιπτώσεις που επιβάλλει η διεθνής νομοθεσία, οδήγησε τις ναυτιλιακές εταιρείες στο συμπέρασμα ότι ο αργός ατμός μπορεί να είναι μέρος της λύσης στις τρέχουσες προκλήσεις τους.

Η ανάπτυξη ενός μη επανδρωμένου και αυτόνομου πλοίου αποτελεί μια ολοκληρωμένη λύση για την αντιμετώπιση τριών σημαντικών προκλήσεων της θαλάσσιας βιομηχανίας:

- Διατήρηση των λειτουργικών εξόδων όσο το δυνατόν χαμηλότερα για διευκόλυνση του διεθνούς εμπορίου.
- Μείωση των ρύπων που μολύνουν το περιβάλλον και τις θάλασσες.
- Στροφή του πληρώματος σε πιο απαιτητικά καθήκοντα και εργασία.

Ωστόσο μέσα από μια τέτοια διαδικασία προκύπτουν σοβαρά ζητήματα τα οποία πρέπει να λυθούν αλλά και εξίσου σημαντικά πλεονεκτήματα.

Πρώτον ενώ ο αργός ατμός θα μειώσει το κόστος των καυσίμων και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, συνεπάγεται υψηλότερο κόστος λόγω μεγαλύτερων χρόνων πλεύσης που με τη σειρά τους επηρεάζουν το κόστος του πληρώματος, τη μίσθωση πλοίου και την πιθανότητα τεχνικών βλαβών και σχετικών κυρώσεων εκτός ενοικίασης. Επίσης το κόστος που θα άφορα το πλήρωμα δεν θα υφίσταται πια και οι απαραίτητες βελτιώσεις αξιοπιστίας θα αποφύγουν ως επί το πλείστον την πρόσληψη. Τέλος θα ανοίξει νέες επαγγελματικές προοπτικές για τους ναυτικούς.

Το αυτόνομο πλοίο περιγράφεται ως ένα πλοίο εξοπλισμένο «με αρθρωτά συστήματα ελέγχου και τεχνολογία επικοινωνίας που επιτρέπει την ασύρματη παρακολούθηση και έλεγχο, συμπεριλαμβανομένων προηγμένων συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων και των δυνατοτήτων απομακρυσμένης και αυτόνομης λειτουργίας.

Για την εκτέλεση του προγράμματος MUNIN κρίθηκε αναγκαία η μεταφορά ξηρού φορτίου χύδην. Ο συγκεκριμένος τύπος εμπορίου επιλέχτηκε αφενός γιατί οι



απαιτήσεις όσον αφορά την διαχείριση του είναι σχετικά χαμηλές αφετέρου γιατί εξυπηρετούσε την ανάγκη για αργό ατμό όπως αναφέραμε προηγουμένως. Όσον αφορά το κομμάτι του πληρώματος ένα μικρό πλήρωμα θα εξακολουθεί να βρίσκεται επί του σκάφους και θα λειτουργεί κλασικά το σκάφος κυρίως την στιγμή του ελλιμενισμού ενώ ο ρόλος του θα εξαλειφτεί τελείως όταν το σκάφος εισέρθει σε βαθιά ύδατα. Την στιγμή εκείνη ο έλεγχος θα περάσει στο αυτόνομο σύστημα πλοήγησης που λειτουργεί τα πλοία αυτόνομα, μετά από ένα προκαθορισμένο σχέδιο ταξιδιού. Το κέντρο ελέγχου το οποίο εδρεύει στην ακτή θα έχει υπό πλήρη παρακολούθηση το σκάφος και θα ελέγχει την αυτόνομη λειτουργία για τυχόν απρόοπτες καταστάσεις όταν και θα χρειαστεί να επέμβει.



*Εικόνα 13. Αυτόνομο Πλοίο MUNIN*

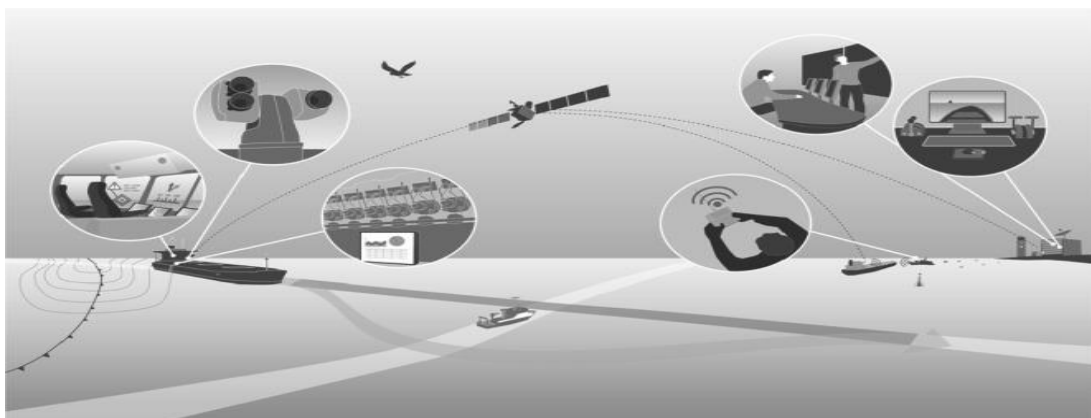
### 3.2.4 Αρχιτεκτονική MUNIN. [19]

Με την πρόοδο της τεχνολογίας τα τελευταία έτη, αρκετά πλοία διαθέτουν πλέον αυτοματοποιημένα συστήματα. Ωστόσο στο πλαίσιο του προγράμματος MUNIN για την επίτευξη της πλήρους αυτονομίας είναι απαραίτητο να εισέρθουν νέα συστήματα και να πραγματοποιηθούν επιπλέον προσπάθειες. Για παράδειγμα, είναι γεγονός ότι σε ορισμένες περιοχές του πλανήτη το εύρος ζώνης του δορυφόρου είναι αρκετά περιορισμένο. Η παράμετρος αυτή σε συνδυασμό με τα υψηλά κόστη της επικοινωνίας καθιστούν απαραίτητη την εφαρμογή και την χρήση τηλεχειριστηρίου. Το πρόγραμμα MUNIN λοιπόν, προτείνει την ιδέα σύμφωνα με την οποία το πλοίο λειτουργεί αυτόνομα εντός συγκεκριμένων ορίων βασιζόμενο στα συστήματα τα οποία λειτουργούν εντός του πλοίου, ενώ όταν εισέρθει εκτός καθορισμένων ορίων όλες οι απαραίτητες λειτουργίες παρακολούθησης εκτελούνται από έναν χειριστή ο οποίος βρίσκεται σε ένα κέντρο ελέγχου στην ξηρά.



Με βάση μια λεπτομερή ανάλυση εργασιών το πρόγραμμα MUNIN καθορίζει τα ακόλουθα συστήματα:

- *Μια προηγμένη μονάδα αισθητήρα*, η οποία ελέγχει τα καθήκοντα επιτήρησης στα πλοία. Σκοπός της είναι η συγχώνευση δεδομένων που προέρχονται από αισθητήρια από υπάρχοντα συστήματα πλοήγησης, π.χ. ραντάρ και AIS, σε συνδυασμό με σύγχρονες κάμερες ημέρας και υπέρυθρης ακτινοβολίας.
- *Ένα Αυτόνομο Σύστημα Πλοήγησης*, το οποίο ακολουθεί ένα προκαθορισμένο σχέδιο ταξιδιού, έχοντας ωστόσο κάποιο βαθμό ελευθερίας να προσαρμόζει τη διαδρομή σύμφωνα με τη νομοθεσία και τις ανάγκες που προκύπτουν, όπως μιας προκύπτουσας κατάστασης σύγκρουσης ή σημαντικών καιρικών αλλαγών.
- *Ένα Αυτόνομο Σύστημα Ελέγχου Κινητήρα και Παρακολούθησης*, το οποίο εμπλουτίζει τα συστήματα αυτοματισμού κινητήρα πλοίου με ορισμένες λειτουργίες πρόβλεψης αστοχίας, διατηρώντας παράλληλα τη βέλτιστη απόδοση.
- *Ένα Shore Control Center* η αλλιώς ένα κέντρο έλεγχου στην ξηρά, το οποίο παρακολουθεί συνεχώς και ελέγχει το αυτόνομο σκάφος από τους εξειδικευμένους ναυτικούς αξιωματικούς και μηχανικούς του.



Εικόνα 14. Εικονική Αναπαράσταση Αρχιτεκτονικής.



Εντός του κέντρου ελέγχου υπάρχουν οι εξής θέσεις:

- Ένας χειριστής του κέντρου ελέγχου, ο οποίος παρακολουθεί τη λειτουργία πολλών αυτόνομων πλοίων ταυτόχρονα από έναν επιτραπέζιο θάλαμο επιτήρησης και ελέγχει τα πλοία δίνοντας εντολές όπως ενημέρωση του σχεδίου ταξιδιού ή του φακέλου λειτουργίας του αυτόνομου συστήματος.
- Μηχανικός του κέντρου ελέγχου, ο οποίος βοηθά τον χειριστή σε περίπτωση τεχνικών ερωτήσεων και είναι υπεύθυνος για το σχέδιο συντήρησης των σκαφών βάσει ενός συστήματος συντήρησης, εξασφαλίζοντας επαρκή αξιοπιστία του τεχνικού συστήματος για το επόμενο αυτόνομο ταξίδι.
- Μια ομάδα ειδικής κατάστασης του κέντρου ελέγχου ακτής που μπορεί να αναλάβει τον άμεσο τηλεχειρισμό ενός σκάφους σε ορισμένες ιδιαίτερες καταστάσεις μέσα από ένα αντίγραφο της γέφυρας του μη επανδρωμένου σκάφους. Επίσης μέσα στις αρμοδιότητες της συγκεκριμένης ομάδας είναι ο έλεγχος ενός συστήματος υποστήριξης απομακρυσμένου ελιγμού που εξασφαλίζει την κατάλληλη επίγνωση της κατάστασης.

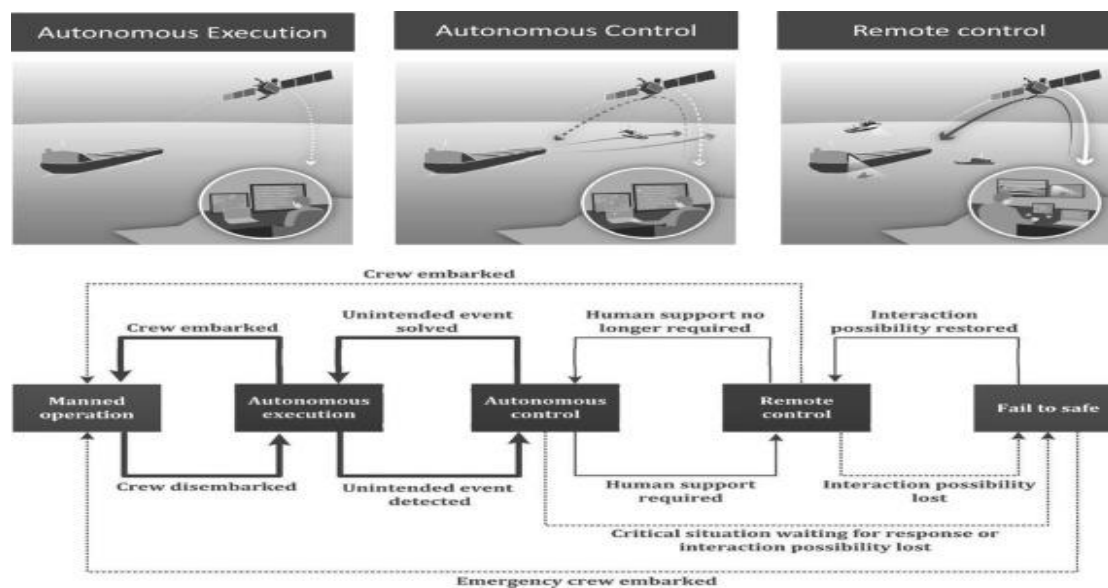
Για τα συστήματα επί του σκάφους έχει επιλεχτεί μια πλεονάζουσα αρχιτεκτονική. Σκοπός αυτής της αρχιτεκτονικής είναι να διασφαλίζει ότι το σκάφος παρακολουθείτε και ελέγχετε πάντοτε από το κέντρο ελέγχου στην ξηρά, με τον ορισμό των επιχειρησιακών ορίων του αυτόνομου συστήματος. Ο συνδυασμός των επιχειρησιακών ορίων και των αυτόνομων συστημάτων ελαχιστοποιεί επίσης το φορτίο του αερομεταφορέα για να επιτρέπει την παρακολούθηση πολλαπλών πλοίων, μειώνοντας παράλληλα τις απαιτήσεις και το κόστος επικοινωνίας καθώς το τηλεχειριστήριο είναι ακόμα ενεργό ακόμα και αν διατίθεται κανάλι χαμηλής χωρητικότητας (L-Band). Επιπλέον, η προσέγγιση του προγράμματος MUNIN για την εγκατάσταση αυτόνομου συστήματος δράσης στα πλοία διευκολύνει επίσης την εφαρμογή λειτουργιών αποτυχίας σε ασφαλή επί του σκάφους, η οποία διασφαλίζει την ασφάλεια της πλοήγησης και της λειτουργίας κατά τη διάρκεια πιθανών αποσυνδέσεων επικοινωνίας.

### Λειτουργίες MUNIN.

Ο τρόπος λειτουργίας του μη επανδρωμένου σκάφους μπορεί να διακριθεί σε πέντε διαφορετικές καταστάσεις:

- Επανδρωμένη λειτουργία.
- Αυτόνομη εκτέλεση.
- Αυτόνομη επίλυση προβλημάτων.
- Απομακρυσμένη λειτουργία.
- Αποτυχία σε ασφάλεια.

Παρακάτω ακολουθεί μια απεικόνιση των βασικών λειτουργιών του MUNIN.



Εικόνα 15. Λειτουργίες MUNIN.

Η επανδρωμένη λειτουργία αντιπροσωπεύει τον τρόπο, όπου το σκάφος χειρίζεται ένα κανονικό πλήρωμα επί του σκάφους. Όταν το πλήρωμα εγκαταλείπει το πλοίο, η κατάσταση του πλοίου μεταβαίνει σε αυτόνομη εκτέλεση, όπου τα αυτόνομα συστήματα επί του πλοίου μετρούν συνεχώς τις συνθήκες του πλοίου και παρατηρούν το περιβάλλον για να καθορίσουν εάν το πλοίο μπορεί να ακολουθήσει το προκαθορισμένο σχέδιο ταξιδιού. Σε περίπτωση ανάγκης για αποκλίσεις εντός της καθορισμένης επιχειρησιακής ελευθερίας του πλοίου, το σκάφος αλλάζει σε αυτόνομο έλεγχο, όπου μπορεί να αλλάξει το σχέδιο ταξιδιού από μόνο του για να εξασφαλίσει την ασφάλεια. Με βάση τους δεδομένους περιορισμούς από το κέντρο ελέγχου της ακτής, ενδέχεται να απαιτείται βελτιωμένος βρόχος ανατροφοδότησης.



Ανεξάρτητα από την τρέχουσα κατάσταση, το κέντρο ελέγχου ακτής μπορεί φυσικά να παρέμβει σε κάθε στάδιο και μπορεί ακόμη και να αναλάβει άμεσα τηλεχειριστήριο για χειρισμό γενικής ή ειδικής κατάστασης. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι αυτόνομες δυνατότητες απενεργοποιούνται και όλα τα δεδομένα μεταδίδονται σε μια παράκτια γέφυρα, όπου ένα εξειδικευμένο ναυτικό πλήρωμα αναλαμβάνει τον χειρισμό του πλοίου και τροφοδοτεί τις αντίστοιχες εντολές πίσω στο πλοίο. Επιπλέον, προβλέπεται λειτουργία αστοχίας-ασφάλειας, η οποία στοχεύει μόνο στη διασφάλιση της ασφάλειας του πλοίου με ορισμένες διαδικασίες, γεγονός που μπορεί να σημαίνει ότι το ταξίδι προς τον προορισμό του αναστέλλεται προσωρινά.

### 3.2.5 Η συμβολή του MUNIN στην ηλεκτρονική πλοήγηση

Είναι δεδομένο ότι τα ανθρώπινα λάθη είναι μέρος της καθημερινότητας μας, άρα αυτή η συνθήκη δεν θα μπορούσε απουσιάζει ως παράγοντας θαλάσσιων ατυχημάτων. Εξίσου σημαντικοί κίνδυνοι μπορούν να εμφανιστούν σε μια επικοινωνία μεταξύ ενός μη επανδρωμένου σκάφους και των χειριστών που ενδέχεται να μην γνωρίζουν πλήρως τις πραγματικές συνθήκες. Βασικός στόχος μέσα από την συνεχή ανάπτυξη ενός αυτόνομου σκάφους είναι ο περιορισμός των λαθών αλλά και η αύξηση της ασφάλειας. Η παρουσία του MUNIN θα συμβάλει στον στόχο της ηλεκτρονικής πλοήγησης μέσα από την οποία θα επιτευχτεί μεγαλύτερη ασφάλεια στην ναυσιπλοΐα.

### 3.2.6 Βελτιωμένη αξιοπιστία των πληροφοριών πλοήγησης.

Ένα βασικό πρόβλημα της ηλεκτρονικής πλοήγησης είναι η ορθή αξιολόγηση της ακρίβειας και της λογικότητας των ενδείξεων. Ωστόσο, η ηλεκτρονική πλοήγηση προτείνει μια λύση που αξιολογεί αυτόματα την ακρίβεια και την αξιοπιστία των πληροφοριών και παρέχει μόνο τις απαιτούμενες πληροφορίες στον χρήστη. Μέσω του προσγράμματος MUMIN, αναπτύσσεται μια προηγμένη μονάδα αισθητήριων σκοπός της οποίας είναι η επιτήρηση στο μη επανδρωμένο σκάφος. Αυτό το σύστημα συγχωνεύει τις πληροφορίες που προέρχονται από διαφορετικούς αισθητήρες, όπως ραντάρ, AIS και κάμερες και δημιουργεί ένα αντιληπτό παγκόσμιο μοντέλο από αυτό που περιέχει τα διαφορετικά αντικείμενα που εντοπίστηκαν, τα ίχνη τους αλλά και μια ένδειξη για την αξιοπιστία της ανίχνευσης αντικειμένων. Χρησιμοποιώντας βελτιωμένους αλγόριθμους ανίχνευσης ραντάρ, μπορούν να δημιουργηθούν πρόσθετα δεδομένα που επιτρέπουν περαιτέρω διασταύρωση με τα πρόσθετα δεδομένα αισθητήρα. Αυτό επιτρέπει ανίχνευση μικρών αντικειμένων που δεν εκπέμπουν



πληροφορίες AIS, αλλά και ψευδείς ή ανακριβείς στόχους AIS από την επεξεργασία αισθητήρων και χαρακτηριστικών.

Στο πλοίο MUNIN, τα δεδομένα έχουν ήδη υποβληθεί σε επεξεργασία από την προηγμένη μονάδα αισθητήρα η οποία μπορεί φυσικά να εφαρμοστεί και σε επανδρωμένο σκάφος ως λύση e-Navigation. Στη γέφυρα, θα μπορούσε να βοηθήσει τον αξιωματικό στην αξιολόγηση δεδομένων σχετικά με σκάφη και αντικείμενα και ακόμη και των συγκρουόμενων πληροφοριών από διαφορετικούς αισθητήρες ανίχνευσης, όπως ραντάρ και AIS. Επίσης μπορεί να παρέχει στον ναυτικό μια λίστα με πλοία και άλλα αντικείμενα με τις θέσεις τους, τους τύπους και τις κινήσεις τους.

### 3.2.7 Παρακολούθηση από την ακτή

Το περιορισμένο εύρος ζώνης στην επικοινωνία μεταξύ πλοίων και ξηράς θεωρείται ως ένα πρόβλημα της ηλεκτρονικής πλοήγησης και ειδικά στην ανοικτή θάλασσα. Το πρόγραμμα MUNIN ασχολείται με το γεγονός ότι το προσωπικό παρακολούθησης στην ξηρά έχει επαρκή επίγνωση της κατάστασης σε περιοχές περιορισμένου εύρους ζώνης, διατηρώντας παράλληλα το κόστος της δορυφορικής επικοινωνίας σε χαμηλό και αποδεκτό επίπεδο. Για να επιτευχτεί αυτή η συνθήκη όλες οι πληροφορίες θα εμφανίζονται σε ένα ταμπλό. Στο ταμπλό αυτό θα απεικονίζονται λειτουργικοί δείκτες ένδειξης κατάστασης. Μέσω των δεικτών αυτών θα παρακολουθείται η κατάσταση των πλοίων. Επίσης οι δείκτες αυτοί μπορούν να συμπιεστούν σε ένα πολύ μικρό μήνυμα και θα αποστέλλονται τακτικά στην ακτή ως μέρος αξιολόγησης. Σε περίπτωση αλλαγής κατάστασης, πρόσθετες πληροφορίες επισυνάπτονται αυτόματα στο μήνυμα για να επιτρέψουν στο προσωπικό να αξιολογήσει τις πιθανές συνέπειες του προβλήματος. Επομένως, η προηγούμενη σύνδεση μεταξύ τεχνικών συστημάτων και λειτουργιών πλοήγησης επιτρέπει την ταχεία αξιολόγηση των λειτουργικών συνεπειών των τεχνικών βλαβών στην ξηρά με ελάχιστη χρήση του εύρους ζώνης και της προσοχής του χειριστή.





### 3.2.8 Συμπεράσματα.

Η ηλεκτρονική πλοήγηση επικεντρώνεται στην αύξηση της ασφάλειας της πλοήγησης με την καλύτερη ενοποίηση του πλοίου και της ακτής. Όσον αφορά αυτό το πεδίο, αποδείχθηκε πώς τα αποτελέσματα και η ερευνητική πρόοδος που επιτεύχθηκαν στο πλαίσιο του έργου MUNIN για αυτόνομα πλοία μπορούν να συμβάλουν στην ανάπτυξη και την εφαρμογή λύσεων ηλεκτρονικής πλοήγησης. Εκτός από τα παραδείγματα, υπάρχουν φυσικά και άλλες περιοχές όπου τα αποτελέσματα του MUNIN έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν την ασφάλεια της πλοήγησης, όπως π.χ. λειτουργίες πλοίων σε δύσκολες καιρικές συνθήκες ή αυτοματοποιημένη πλοήγηση σύμφωνα με το COLREG.

## 3.3 ReVolt Project <sup>[20], [21]</sup>

### 3.3.1 Η ιδέα του έργου.

Το έργο ReVolt αποτελεί μια πρωτότυπη ενέργεια μη επανδρωμένου αυτόνομου σκάφους που οραματίζεται η DNV GL. Η ιδέα για αυτό το σκάφος πρόεκυψε κατά τη δημιουργία του Νορβηγικού Σχεδίου Μεταφορών 2014-2023 στο οποίο δόθηκε έμφαση στη μεταφορά όγκων οδικών εμπορευματικών μεταφορών σε πλωτές οδούς. Το έργο ξεκίνησε τον Αύγουστο του 2013 και προορίζεται να προσφέρει ένα όραμα για το μέλλον και να εμπνεύσει ολόκληρο τον ναυτιλιακό τομέα, αν και δεν μπορεί ποτέ να κατασκευαστεί. Εάν η ReVolt λειτουργούσε, θα μπορούσε να εξοικονομήσει έως και 1 εκατομμύριο δολάρια ετησίως σε σύγκριση με τα τρέχοντα οδικά συστήματα μεταφοράς.

Ο πρώτος κύριος λόγος της εξοικονόμησης είναι το γεγονός ότι το σκάφος θα είναι μη επανδρωμένο άρα δεν απαιτείται κατάστρωμα διαμονής, γέφυρα και συναφή εξοπλισμό που οδηγεί σε υψηλότερη χωρητικότητα και χαμηλότερο κόστος κατασκευής.

Ο δεύτερος λόγος είναι το πλήρως ηλεκτρικό σύστημα πρόωσης με μπαταρία, το οποίο, παρόλο που έχει υψηλότερο CAPEX (περίπου 3 εκατομμύρια δολάρια μόνο για μπαταρίες), μακροπρόθεσμα θα εξοικονομήσει σημαντικά χρήματα στη συντήρηση και το κόστος καυσίμου σε σύγκριση με τον παραδοσιακό κινητήρα ντίζελ.



Η διαδρομή που πρόκειται να λειτουργήσει το έργο περιορίζεται στη νότια νορβηγική περιοχή μεταξύ του Όσλο στο Τρόντχάιμ. Βασικός στόχος είναι να συνδέονται σημαντικοί κόμβοι φορτίου κατά μήκος αυτής της παράκτιας περιοχής σε μια αυτόνομη και μη επανδρωμένη εφοδιαστική αλυσίδα. Εκτός από το ίδιο το σκάφος, αναπτύσσονται οι αυτοματοποιημένοι χειρισμοί φορτίου, αυτοματοποιημένες χερσαίες χρεώσεις και αυτοματοποιημένες εγκαταστάσεις πρόσδεσης.

### 3.3.2 Τεχνικές Πληροφορίες.

Αυτό το μη επανδρωμένο όχημα χρησιμοποιεί δύο προωσθήρες αζιμούθιου στην πρύμνη καθώς και ένα πτυσσόμενο πτερύγιο αζιμούθιου για την κίνηση του. Με αυτήν τη διαμόρφωση επιτυγχάνεται υψηλή ευελιξία και επιτυγχάνεται πλήρης ανεξαρτησία από τα ρυμουλκά.

Η τροφοδοσία του σκάφους επιτυγχάνεται με μπαταρίες χωρητικότητας περίπου 3000 kWh που βρίσκονται στην πρύμνη του σκάφους, η οποία θα παρέχει εμβέλεια περίπου 100 ναυτικών μιλίων. Η ταχύτητα διέλευσης των 6 κόμβων επέτρεψε τη χρήση της κάθετης ευθείας πλώρης και αυτό συνέβαλε στη μείωση, της αντοχής στο νερό. Η κεκλιμένη καρίνα σχεδιάστηκε για να επιτρέπει τη λειτουργία του πλοίου σε οποιαδήποτε κατάσταση φόρτωσης.

Το σύστημα επίγνωσης κατάστασης θα αποτελείται από παραδοσιακό συνδυασμό **GPS, RADAR, AIS, ECDIS** με την προσθήκη καμερών και LIDAR. Προκειμένου να αναπτυχθούν και να δοκιμαστούν κρίσιμα συστήματα επί του σκάφους, για αυτόνομη ιστιοπλοΐα, κυρίως σύντηξη αισθητήρα και αποφυγή σύγκρουσης, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο κλίμακας 1: 20 σε συνεργασία με το Νορβηγικό Πανεπιστήμιο Επιστήμης και Τεχνολογίας (NTNU).

### 3.3.3 Ζητήματα ενεργειακής απόδοσης και ετήσια εξοικονόμηση.

Η ενεργειακή απόδοση αυτού του σκάφους θεωρείται ότι είναι ένα από τα καλύτερα χαρακτηριστικά του. Η εκτιμώμενη ενεργειακή κατανάλωση σε ήρεμα νερά θα είναι περίπου 50 kW. Για να γίνει κατανοητό κάτι τέτοιο η DNV GL έκανε μια μελέτη που έδειξε ότι για τη μεταφορά 100 εμπορευματοκιβωτίων από το Stavanger στο Όσλο, σε σύγκριση με τα πετρελαιοκίνητα φορτηγά, η ReVolt έχει 200 φορές καλύτερη



συνολική ενεργειακή απόδοση. Και σε σύγκριση με τα παραδοσιακά πλοία, έχει 40 φορές καλύτερη συνολική ενεργειακή απόδοση.

Η καινοτόμος ιδέα του προγράμματος είναι το αποτέλεσμα ενός πολυεπιστημονικού, ομαδικού αναπτυξιακού έργου στο DNV GL που υποστηρίζεται από την Transnova, Νορβηγία και βασίζεται σε μια αξιολόγηση των απαιτήσεων που παρουσιάζουν οι διαδρομές μικρών αποστάσεων. Το πλοίο θα λειτουργεί με ταχύτητα 6 κόμβων με εύρος 100 ναυτικών μιλίων και χωρητικότητας φορτίου 100 εμπορευματοκιβωτίων είκοσι ποδιών.

Χωρίς την παρουσία πληρώματος δεν υπάρχει ανάγκη για εγκαταστάσεις στις οποίες θα στεγαστεί το πλήρωμα, άρα ένα μεγάλο τμήμα του σκάφους θα χρησιμοποιηθεί για άλλες ανάγκες. Η προκύπτουσα αύξηση της χωρητικότητας φόρτωσης και το χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης σημαίνουν ότι, σε σύγκριση με ένα πλοίο που λειτουργεί με ντίζελ, το ReVolt θα μπορούσε να εξοικονομήσει έως και 34 εκατομμύρια USD κατά την εκτιμώμενη διάρκεια ζωής του 30 ετών - εξοικονομώντας περισσότερο από ένα εκατομμύριο δολάρια ΗΠΑ ετησίως.

### **3.3.4 Όραμα του έργου και τα επόμενα βήματα.**

Το ReVolt είναι ένα όραμα για το μέλλον και δεν θα κατασκευαστεί έως ότου ωριμάσουν πολλές από τις σχετικές τεχνολογίες. Ωστόσο, θα μπορούσε πιθανώς να κατασκευαστεί και να λειτουργήσει χρησιμοποιώντας την τρέχουσα τεχνολογία.

Προορίζεται να χρησιμεύσει ως έμπνευση για τους κατασκευαστές εξοπλισμού, τα ναυπηγεία και τους εφοπλιστές καθώς προσπαθούν να αναπτύξουν νέες λύσεις για ένα ασφαλέστερο και πιο βιώσιμο μέλλον.

Το ReVolt ξεκίνησε ως ερευνητικό έργο τον Αύγουστο του 2013 και ξεκίνησε εξωτερικά ένα χρόνο αργότερα. Σκοπός είναι να συνεχιστεί και να επεκταθεί ώστε να περιλαμβάνει χερσαίες εγκαταστάσεις χρέωσης και μεγαλύτερη χωρητικότητα ως ερευνητικό έργο στο πλαίσιο του DNV GL.

Για τον έλεγχο των αυτόνομων δυνατοτήτων του ReVolt, έχει κατασκευαστεί ένα μοντέλο κλιμάκωσης 1:20. Μέσω συνεργασίας με το Νορβηγικό Πανεπιστήμιο Επιστήμης και Τεχνολογίας (NTNU), αυτό το μοντέλο θα χρησιμεύσει ως δοκιμαστικό μοντέλο στην έρευνα της σύντηξης αισθητήρων και της αποφυγής σύγκρουσης για αυτόνομα επιφανειακά οχήματα.



### 3.3.5 Χαρακτηριστικά του σκάφους.



Εικόνα 16. Σκάφος ReVolt.

- Μήκος: 60 m.
- Δέσμη: 14,5 m.
- Βύθισμα: 5 m.
- Ύψος: 13 m.
- Νεκρό βάρος (DWT): 1300 τόνοι.
- Χωρητικότητα φορτίου: 100 TEU.
- Πρόωση: 2x προωστήρες με δύο λεπίδες με επένδυση αζιμούθιου, 1x ανασυρόμενη ώθηση αζιμούθιου, πλήρως ηλεκτρική, με μπαταρία.
- Χωρητικότητα μπαταρίας: 3000 kWh (4 ώρες για πλήρη φόρτιση).
- Ταχύτητα: 6 κόμβοι.
- Εύρος: 100 nm.



### 3.4 Yara Birkeland: Αυτόνομο σκάφος εμπορευματοκιβωτίων [22,23]

Το πλοίο YARA Birkeland είναι το πρώτο πλήρως ηλεκτρικό και αυτόνομο πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο το οποίο παράγει μηδενικές εκπομπές. Αναπτύχθηκε από κοινού από τις εταιρίες Kongsberg και Yara ο ιδρυτής της οποίας Kristian Birkeland, έδωσε το όνομα του στο σκάφος. Η YARA και η Kongsberg ξεκίνησαν την συνεργασία τους για την κατασκευή του αυτόνομου πλοίου τροφοδοσίας εμπορευματοκιβωτίων τον Μάιο του 2017.

Η KONGSBERG είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη και παράδοση όλων των βασικών τεχνολογιών ενεργοποίησης, συμπεριλαμβανομένων των αισθητήρων και της ολοκλήρωσης που απαιτούνται για απομακρυσμένες και αυτόνομες λειτουργίες πλοίων, εκτός από τα ηλεκτρικά συστήματα κίνησης, μπαταρίας και πρόωσης.

Η YARA Birkeland τέθηκε σε λειτουργία ως επανδρωμένο σκάφος το 2018 και ξεκίνησε την απομακρυσμένη λειτουργία το 2019. Οι πλήρως αυτόνομες θαλάσσιες μεταφορές του πλοίου πρόκειται να ξεκινήσουν το 2021.

#### 3.4.1 Το πλοίο



Εικόνα 17. Σκάφος Yara Birkeland.



### **3.4.2. Κύρια στοιχεία πλοίου Yara Birkeland**

#### ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ.

- Μήκος: 79,5 m.
- Πλάτος: 14,8 m.
- Κατάστρωμα: 10,8 μ.
- Ταχύτητα: 6 κόμβοι.
- Μέγιστη ταχύτητα: 13 κόμβοι.

#### ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

- Χωρητικότητα φορτίου: 120 TEU.
- Νεκρό βάρος: 3 200 mt.

#### ΠΡΟΩΘΗΣΗ

- Σύστημα πρόωσης: Ηλεκτρικό.
- Έλικες: 2 ομάδες αζιμούθιου.
- Προωθητές: 2 σήραγγες προωθητών.
- Μπαταρία: 7 - 9 MWh.

#### ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΕΓΓΥΤΗΤΑΣ

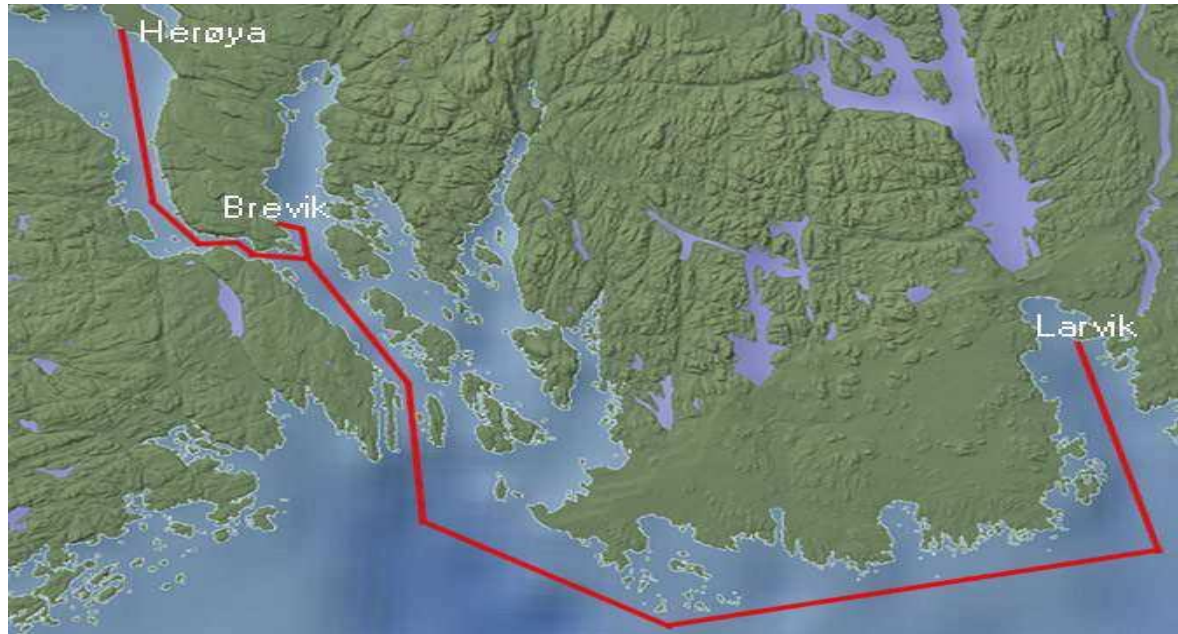
- Ραντάρ.
- Λίνταρ.
- AIS.
- Κάμερα.
- Κάμερα IR.

#### ΣΥΝΔΕΣΗ & ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

- Θαλάσσιο ευρυζωνικό ράδιο.
- Δορυφορικές επικοινωνίες.
- GSM.



### 3.4.3. Επιχειρησιακός χώρος δράσης του Yara Birkeland



Εικόνα 18. Περιοχή δράσης.

Το αυτόνομο πλοίο θα πλεύσει εντός 12 ναυτικών μιλίων από την ακτή, μεταξύ 3 λιμένων στη νότια Νορβηγία.

Η διαδρομή που πραγματοποίησε το πλοίο Yara Birkeland είναι μεταξύ των λιμένων Brevik, Herøya και Larvik και παρουσιάζεται στην παραπάνω εικόνα.

Όλο το εύρος της διαδρομής καλύπτεται από το κέντρο της υπηρεσίας κυκλοφορίας σκαφών Brevik (VTS) της Νορβηγικής παράκτιας διοίκησης (NCA).

Η δράση του Yara Birkeland θα αποφέρει σημαντικά οφέλη καθώς θα αποτρέψει 40.000 οδικά ταξίδια από το εργοστάσιο λιπασμάτων Porsgrunn της Yara στα λιμάνια του Brevik και του Larvik, μειώνοντας παράλληλα το επίπεδο των αερίων NOx και CO<sub>2</sub> που εκπέμπονται από φορτηγά μεταφοράς.

Οι αποστάσεις μεταξύ των λιμένων είναι:

Herøya - Brevik (περίπου 7 nm).

Herøya - Larvik (περίπου 30 nm).



### 3.4.4 Πλοήγηση και επικοινωνίες

Η πλοήγηση και οι αυτόνομες λειτουργίες του πλοίου υποστηρίζονται από έναν αριθμό αισθητήρων. Χαρακτηριστικά μπορούμε να αναφέρουμε το ραντάρ, μια συσκευή ανίχνευσης και εμβέλειας φωτός (LIDAR), ένα σύστημα αυτόματης αναγνώρισης (AIS), ένα σύστημα απεικόνισης και μια κάμερα υπεράυθρων (IR). Τα συστήματα επικοινωνίας του YARA Birkeland θα περιλαμβάνουν ένα θαλάσσιο ευρυζωνικό ραδιόφωνο και μια σύνδεση εικονικού ιδιωτικού δικτύου (VPN) μέσω του Inmarsat.

### 3.4.5 Συστήματα χειρισμού φορτίου στο Yara Birkeland

Το YARA Birkeland θα διαθέτει ένα μεγάλο ανοιχτό φορτίο για να φιλοξενήσει εμπορευματοκιβώτια με χωρητικότητα έως 120 μονάδων εμπορευματοκιβωτίων (TEU). Η φόρτωση και εκφόρτωση φορτίου θα πραγματοποιείται αυτόματα μέσω ηλεκτρικών γερανών και σχετικού εξοπλισμού. Η μπαταρία του σκάφους θα λειτουργήσει ως μόνιμο έρμα, εξαλείφοντας την ανάγκη για εγκατάσταση ειδικών δεξαμενών έρματος.

### 3.4.6. Προώθηση και απόδοση του αυτόνομου δοχείου εμπορευμάτων

Το δοχείο μηδενικών εκπομπών θα είναι εξοπλισμένο με ένα ηλεκτρικό σύστημα πρόωσης που τροφοδοτείται από μια μπαταρία χωρητικότητας έως 9MWh. Το σύστημα πρόωσης θα ενσωματώσει δύο λοβούς έλικα αζιμούθιου και δύο προωθητήρες σήραγγας. Θα παρέχει ταχύτητα 6k και μέγιστη ταχύτητα 10k. Το πλοίο θα παρακολουθείται και θα ελέγχεται από τρία κέντρα ελέγχου, τα οποία θα χειρίζονται χειρισμούς έκτακτης ανάγκης, παρατήρηση των συνθηκών, επιχειρησιακή παρακολούθηση και υποστήριξη αποφάσεων. Τα κέντρα αναμένεται επίσης να διαχειρίζονται την επιτήρηση του αυτόνομου σκάφους και των περιχώρων του, καθώς και διάφορες πτυχές ασφάλειας.





## 4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

### 4.1 Πλεονεκτήματα αυτόνομων πλοίων

Τα αυτόνομα πλοία ή τα μη επανδρωμένα πλοία όπως ονομάζονται, αναμένεται να προσφέρουν μια σειρά από πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα. Άλλωστε σκοπός της μελλοντικής αυτόνομης ναυτιλίας είναι να διευκολύνει το έργο των εφοπλιστών όσον αφορά το επιχειρηματικό κομμάτι αλλά συγχρόνως να παρέχει ασφάλεια και σταθερότητα στις ανθρώπινες ζωές κατά την διάρκεια της πλεύσης. [24]

Σύμφωνα με μια έκθεση που δημοσιεύθηκε το 2012 από την Allianz, η ασφαλιστική εταιρεία που εδρεύει στο Μόναχο, μεταξύ 75% και 96% των θαλάσσιων ατυχημάτων είναι αποτέλεσμα ανθρώπινων σφαλμάτων. Τα λάθη των μελών του πληρώματος, που ευθύνονται για τα ατυχήματα αυτά, είναι αποτέλεσμα ποικίλων παραγόντων. Η κόπωση, οι ανεπαρκείς τεχνικές γνώσεις των συστημάτων του πλοίου, οι αποφάσεις που βασίζονται σε ελλιπείς πληροφορίες, οι ανεπαρκείς επικοινωνίες μπορούν να θεωρηθούν από το πιο σημαντικά σφάλματα. Τα απομακρυσμένα ελεγχόμενα και αυτόνομα πλοία αναμένεται να μειώσουν τον κίνδυνο τέτοιων ανθρώπινων σφαλμάτων ή λαθών και μαζί με αυτόν τον κίνδυνο τραυματισμού και ακόμη και θανάτου στα μέλη του πληρώματος, καθώς και κίνδυνο για το ίδιο το πλοίο. Τα αυτόματα συστήματα των πλοίων, θα αναλάβουν τα καθήκοντα ρουτίνας τα οποία απαιτούν ικανότητες όπου οι άνθρωποι υστερούν. Συνεπώς, η διαχείριση των εκάστοτε απειλών θα μεταφερθεί από το πλήρωμα, στο έξυπνο λογισμικό, τα συστήματα αισθητήρων και στους χειριστές που θα εποπτεύουν τα πλοία εξ αποστάσεως. Έτσι λοιπόν αναμένεται να έχουμε μια ραγδαία μείωση των ατυχημάτων. [25]

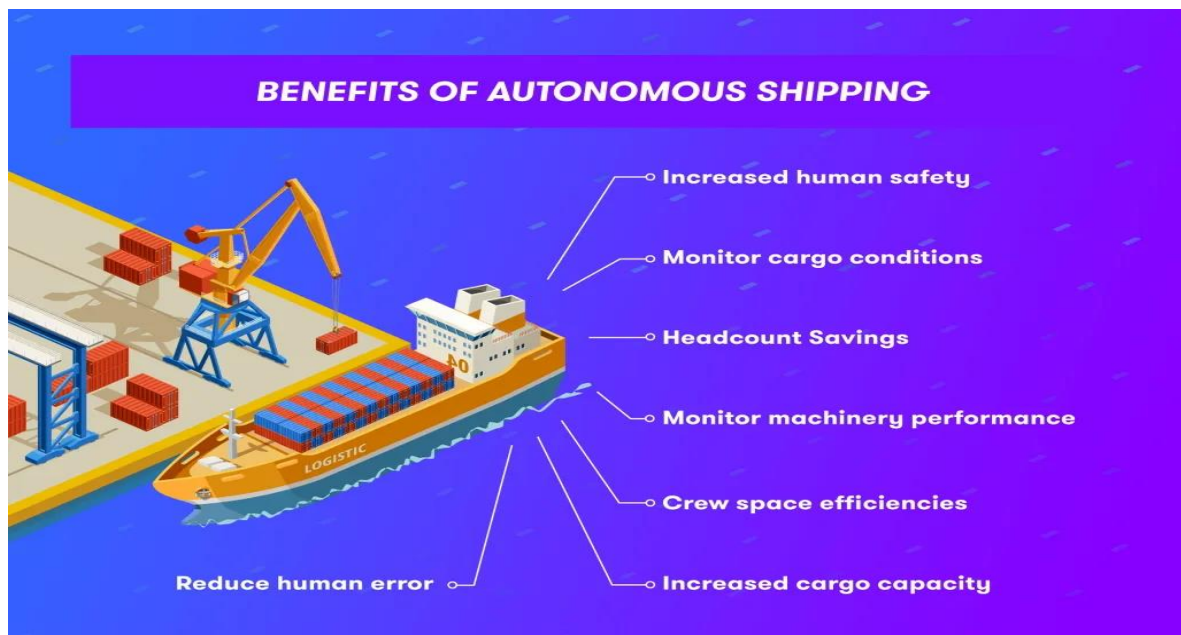
Τα πλεονεκτήματα φυσικά δεν περιορίζονται μόνο στην ασφάλεια του σκάφους και στην προστασία της ανθρώπινης ζωής. Εκτός από την προστασία της ανθρώπινης ζωής, ένα άλλο σημαντικό όφελος περιλαμβάνει την αυξημένη παραγωγικότητα η οποία προκύπτει μέσω της μείωσης του κόστους των καυσίμων. Έχει εκτιμηθεί ότι το κόστος του πληρώματος που περιλαμβάνει μονάδες κλιματισμού, χώρους πληρώματος, βαριά έρμα και άλλες ανέσεις, μαζί με τους μισθούς των ναυτικών μπορεί να φτάσει το 10 έως 44 τοις εκατό των λειτουργικών δαπανών του πλοιοκτήτη ανάλογα με τη φύση του σκάφους. Η μείωση του βάρους λόγω της εξάλειψης πολλών από αυτά τα αντικείμενα από το πλοίο μπορεί να ισοδυναμεί με μικρότερο κόστος καυσίμου και περισσότερο χώρο για φορτίο.



Επίσης η καθιέρωση αυτόνομων πλοίων αναμένεται να μειώσει τις πιθανότητες για ενδεχόμενη πειρατεία. Όπως γνωρίζουμε οι πειρατές σε πολλές περιπτώσεις κρατούν το πλήρωμα για να ζητήσουν λύτρα. Με την απουσία πληρώματος τέτοιες ενέργειες πολύ πιθανό να αποφευχθούν. Βέβαια, ελλοχεύει ο κίνδυνος να αυξηθούν οι πειρατικές απειλές καθώς οι ληστές στην ανοικτή θάλασσα ενδέχεται να βρουν νέους τρόπους για να δημιουργήσουν εμπόδια στον κυβερνοχώρο και να αποκτήσουν πρόσβαση σε αυτά τα σκάφη.

Τέλος, ένα έξυπνο πλοίο, θα δείξει στους ιδιοκτήτες και τους χειριστές έναν τρόπο να ανταποκριθούν στην αυξανόμενη αντιληπτή έλλειψη ναυτικών. Με όλο και περισσότερα μηχανικά και ηλεκτρονικά συστήματα επί του πλοίου, τα πλοία γίνονται όλο και πιο περίπλοκα, χρειάζονται εξειδικευμένους τεχνικούς για να διατηρήσουν τα πλοία σε λειτουργία. Ταυτόχρονα, η ναυσιπλοΐα ως καριέρα γίνεται λιγότερο ελκυστική, με λιγότερους ανθρώπους που θέλουν να περάσουν εβδομάδες ή μήνες σε χρόνο μακριά από το σπίτι και την οικογένεια. Οι απομακρυσμένες και αυτόνομες ενέργειες των πλοίων θα μπορούσαν να διευκολύνουν τη μεταφορά θέσεων εργασίας που απαιτούν υψηλά επίπεδα εκπαίδευσης και δεξιοτήτων σε λιμάνια ή σε κέντρα ελέγχου επιχειρήσεων στην ακτή, καθιστώντας έτσι τέτοιες εργασίες πιο ενδιαφέρουσες για τους νέους που εισέρχονται στον κλάδο.

Στην παρακάτω εικόνα που ακολουθεί μπορούμε να δούμε συνοπτικά όλα τα πιθανά οφέλη.



Sources:  
Certain icons are from freepik.com

nautix

Εικόνα 19. Οφέλη αυτόνομων πλοίων.



## 4.2 Μειονεκτήματα αυτόνομων πλοίων

Είναι απολύτως φυσιολογικό ότι οποιαδήποτε καινοτομία μέσω της οποίας θα υπάρξουν σημαντικές βελτιώσεις και πλεονεκτήματα σε έναν κλάδο, άλλο τόσο πιθανό είναι να δημιουργηθούν και επιπτώσεις. Κάτι ανάλογο λοιπόν ενδέχεται να ισχύσει σε σημαντικό βαθμό με την καθιέρωση των αυτόνομων πλοίων. Ενώ η παρουσία τους θα ενισχύσει σε σημαντικούς τομείς τον ναυτιλιακό κλάδο, σε κάποιους άλλους τομείς ενδέχεται να δημιουργήσει και προβλήματα. [26]

Παίρνοντας σαν δεδομένο ότι το σχέδιο της MUNIN για το οποίο αναφερθήκαμε προηγουμένως θα πετύχει, ο κλάδος της ναυτιλίας θα δεχτεί ραγδαίες αλλαγές. Οι ναυτιλιακές εταιρείες, προσπαθώντας να εξασφαλίσουν τη μεταφορά του φορτιού με τον πιο ασφαλή και ταυτόχρονα οικονομικό τρόπο, θα επιδιώξουν την αγορά μη επανδρωμένων πλοίων σε όλο και μεγαλύτερο βαθμό. Με αυτό τον τρόπο οι ναυτικοί που αποτελούν το πλήρωμα των πλοίων, σιγά σιγά θα αρχίσουν να μειώνονται. Άρα ένα μεγάλος αριθμός ναυτικών προβλέπεται να χάσουν τη δουλειά τους και θα παραμείνουν άνεργοι και με την πάροδο του χρόνου ο αριθμός αυτός θα γίνεται όλο και μεγαλύτερος.

Ένας ακόμα προβληματισμός αφορά τον έλεγχο του πλοίου το οποίο θα βρίσκεται υπό την ευθύνη του χειριστή. Όπως αναφέραμε σε προηγούμενη ενότητα, ο χειριστής θα βρίσκεται σε ένα κέντρο ελέγχου στην ξηρά. Ο ίδιος θα παρακολουθεί το πλοίο καθ'όλη τη διάρκεια του ταξιδιού του, έως ότου αυτό φτάσει στο λιμάνι, όπου και θα επανδρωθεί προσωρινά μέχρι να τελειώσει η διαδικασία φορτοεκφόρτωσης. Τι επιπτώσεις όμως θα προκύψουν αν κατά την διάρκεια ενός ταξιδιού αν τυχόν χαθεί ο έλεγχος από τον χειριστή; Σε αυτή την περίπτωση το πλοίο θα παραμένει ακυβέρνητο μέχρι να ανακτηθεί ο έλεγχος από το κέντρο ελέγχου, κάτι το οποίο είναι αρκετά επικίνδυνο, όχι μόνο για το ίδιο το πλοίο, αλλά και για άλλα πλοία που τυχαίνει να πλέουν σε κοντινή περιοχή.

Ένας επιπλέον πονοκέφαλος για τις ναυτιλιακές εταιρίες είναι και το κόστος κατασκευής το οποίο ενδέχεται να είναι αρκετά υψηλό. Ένα τηλεχειριζόμενο ή αυτόνομο πλοίο μπορεί να είναι σημαντικά πιο κοστοβόρο από ένα συμβατικό σκάφος. Τα συστήματα αυτοματισμού που απαιτούνται σε αυτά τα πλοία δεν έχουν καμιά σχέση με αυτά των συμβατικών πλοίων. Οι εργαζόμενοι στις ναυπηγοεπισκευαστικές μονάδες δεν είναι σε θέση να ανταπεξέλθουν στη νέα κατάσταση πραγμάτων. Το πιο πιθανό, να χρειάζονται περαιτέρω εκπαίδευση και πρόσληψη νέων με εξειδικευμένη γνώση στα αυτόνομα πλοία, που σημαίνει αύξηση του εργατικού κόστους λόγω αύξησης των μισθών για τις ναυπηγοεπισκευαστικές μονάδες.



Εξίσου σημαντικός πονοκέφαλος προς τις ναυπηγοεπισκευαστικές εταιρίες είναι και η αντιμετώπιση οποιασδήποτε δομικής βλάβης που θα υπάρξει στο πλοίο κυρίως κατά την διάρκεια της πλεύσης. Μπορεί για παράδειγμα σε μια περίπτωση πυρκαγιάς να υπάρχουν σοβαρές πιθανότητες το πλοίο να υποστεί βλάβη, αφού δεν θα είναι επανδρωμένο ωστόσο τα συστήματα αυτομάτου εντοπισμού και κατάσβεσης πυρκαγιάς θα ενεργήσουν για να σβήσουν την πυρκαγιά. Σε περίπτωση όμως δομικής βλάβης του πλοίου π.χ. διάβρωση της γάστρας, η δημιουργία ρήγματος από το οποίο θα εισέρθει θαλασσινό νερό στο πλοίο εκεί τα δεδομένα διαφοροποιούνται σε μεγάλο βαθμό. Το νερό που θα εισέρθει στο πλοίο θα είναι ανεξέλεγκτο και δεν θα υπάρχει δυνατότητα περιορισμού του. Έτσι το πλοίο θα αρχίσει να παίρνει κλίση η οποία θα γίνεται όλο και μεγαλύτερη, όπου αυτό συνεπάγεται στην ολοκληρωτική βύθιση του άρα και απώλεια του.

Τέλος υπάρχει και ένα ακόμα σενάριο προς άμεση παρακολούθηση. Υπάρχει ένα ενδεχόμενο κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του, ένα αυτόνομο πλοίο να βρεθεί κοντά σε ένα άλλο πλοίο το οποίο να χρειάζεται άμεση βοήθεια. Σε αυτή την περίπτωση το μη επανδρωμένο πλοίο δε μπορεί να παρέχει την απαραίτητη βοήθεια καθώς δεν υπάρχει πλήρωμα για να για να συμμετέχει στις απαραίτητες διαδικασίες διάσωσης η παροχής βοήθειας. Ίσως η μονή περίπτωση κατά την οποία θα μπορούσε να προσφέρει βοήθεια είναι η εκπομπή σήματος κινδύνου για προσελκύσει άλλα πλοία τα οποία θα βρίσκονται κοντά στην περιοχή.

Φτάνοντας λοιπόν σε ένα συμπέρασμα η εποχή κατά την οποία θα καθιερωθούν και επίσημα τα αυτόνομα πλοία θα αλλάξει σε μεγάλο βαθμό τις ζωές όλων μας. Τα πλεονεκτήματα που θα προσφέρει η αυτόνομη ναυτιλία θα είναι άφθονα και μεγίστης σημασίας. Όμως υπάρχουν ακόμα σοβαρά εμπόδια τα οποία πρέπει να καλυφτούν για να είμαστε σε θέση να “ξεχάσουμε” και επίσημα τα συμβατικά πλοία και να μεταπηδήσουμε ένα βήμα παρακάτω.



## 5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΕΝΔΕΧΕΤΑΙ ΝΑ ΠΡΟΚΥΨΟΥΝ

### 5.1 Οι νομικές προκλήσεις των μη επανδρωμένων πλοίων στον ιδιωτικό ναυτικό νόμο.

Όταν εξετάζουμε το νομικό καθεστώς των μη επανδρωμένων σκαφών, το πρώτο ερώτημα που προκύπτει είναι, σε ποιο καθεστώς συγκαταλέγονται τα μη επανδρωμένα σκάφη. Η συγκεκριμένη ερώτηση προκύπτει από το γεγονός ότι τα πλοία αυτά μπορούν να επωφεληθούν από τα οφέλη και τα δικαιώματα που καθορίζονται στις ναυτικές συμβάσεις. Για παράδειγμα αν ένα μη επανδρωμένο πλοίο θεωρείται πλοίο, πρέπει να συμμορφώνεται με τα υφιστάμενα καθήκοντα και κανονισμούς και μπορεί να επωφεληθεί από τα καθιερωμένα δικαιώματα σε διεθνείς συμβάσεις. Σημαντικά δικαιώματα είναι το δικαίωμα της ακίνδυνης διέλευσης, την ελευθερία της ανοικτής θάλασσας, τον περιορισμό της ευθύνης, τα ομοιόμορφα πρότυπα. Εάν ένα μη επανδρωμένο πλοίο όμως δεν μπορεί να θεωρηθεί ως πλοίο, είναι αβέβαιο εάν μπορεί να επωφεληθεί από αυτά τα δικαιώματα. Για να μπορέσουμε να προσδιορίσουμε εάν τα μη επανδρωμένα πλοία εμπίπτουν στο καθεστώς του ναυτικού δικαίου, πρέπει να εξετάσουμε τα πεδία εφαρμογής των διαφορετικών θαλάσσιων συμβάσεων. Ειδικότερα, πρέπει να εξετάσουμε τους ορισμούς του όρου «πλοίο», για να προσδιορίσουμε εάν ένα πλοίο χωρίς πλήρωμα επί του σκάφους, μπορεί ακόμα να θεωρηθεί ως πλοίο.

- Διεθνής Ορισμοί.

Πρώτα απ' όλα, ο νόμος της θάλασσας δεν έχει ξεκάθαρο ορισμό για ένα πλοίο ή για ένα σκάφος. Η Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας, που μερικές φορές αναφέρεται ως «Σύνταγμα για τους ωκεανούς», δεν έχει καν ορισμό για το πλοίο. Ωστόσο, αυτή η σύμβαση είναι εξαιρετικά σημαντική για τα δικαιώματα πλοήγησης και τα καθήκοντα των πλοίων. Αυτός μπορεί να είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους, οι περισσότεροι πιστεύουν ότι τα μη επανδρωμένα πλοία θα εξομοιωθούν με πλοία για την εφαρμογή του νόμου της θάλασσας. Σύμφωνα με αυτό το όραμα, τα μη επανδρωμένα πλοία μπορούν να απολαμβάνουν τα δικαιώματα και τις ελευθερίες και πρέπει να συμμορφώνονται με τους ισχύοντες δασμούς, οι οποίοι είναι παρόμοιοι με αυτούς που ισχύουν για τα παραδοσιακά πλοία.

Αυτή η άποψη πρέπει να υποστηριχθεί, επειδή δεν υπάρχει καμία ένδειξη στο UNCLOS, ότι η παρουσία ενός πληρώματος θα ήταν ουσιαστικό στοιχείο για να



μιλήσουμε για ένα πλοίο. Έτσι, οι κανόνες της UNCLOS, που ορίζουν τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις των κρατών, όσον αφορά τη διεθνή ναυτιλία, θα ισχύουν επίσης για μη επανδρωμένα πλοία. Επίσης, πολλές άλλες πολυμερείς συμβάσεις που σχετίζονται με διάφορα θέματα του ναυτικού δικαίου δεν αποκλείουν το πεδίο εφαρμογής τους σε πλοία με την παρουσία ναυτικών. Οι περισσότερες από αυτές τις συμβάσεις έχουν τον δικό τους ορισμό, προσαρμοσμένες στο συγκεκριμένο θέμα που χειρίζονται.

Πρώτα απ' όλα, σύμφωνα με τους κανόνες της Χάγης, ένα πλοίο σημαίνει «κάθε πλοίο που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά εμπορευμάτων δια θαλάσσης», και σύμφωνα με τη Σύμβαση των Αθηνών, ένα πλοίο σημαίνει «μόνο ένα θαλάσσιο πλοίο, εξαιρουμένου ενός αεροπορικού οχήματος». Η Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL), για παράδειγμα, ορίζει ένα πλοίο ως «πλοίο οποιουδήποτε τύπου, που λειτουργεί στο θαλάσσιο περιβάλλον και περιλαμβάνει υδροπτέρυγα, οχήματα με αεροθάλαμο, υποβρύχια, πλωτά σκάφη και σταθερές ή κινητές πλατφόρμες». Η Σύμβαση CLC ορίζει συγκεκριμένα ένα πλοίο ως: «ένα θαλάσσιο σκάφος και θαλάσσια σκάφη οποιουδήποτε τύπου κατασκευασμένα ή προσαρμοσμένα για τη μεταφορά χύμα πετρελαίου ως φορτίο. Η Σύμβαση Ντάμπινγκ του Λονδίνου προβλέπει έναν άλλο ορισμό. Τα σκάφη και τα αεροσκάφη μπορούν να είναι «πλωτά ή αεροπορικά σκάφη οποιουδήποτε τύπου. Όλοι αυτοί οι ορισμοί, κάθε ένας προσαρμοσμένος στο αντίστοιχο θέμα τους, δεν αποτελεί εμπόδιο στην εφαρμογή μη επανδρωμένου σκάφους.

Στις παραπάνω επιλεγμένες συμβάσεις, το πλήρωμα στο πλοίο δεν είναι απαίτηση σε οποιονδήποτε από τους ορισμούς, οπότε δεν υπάρχει σύμβαση που να αποκλείει την εφαρμογή μη επανδρωμένων σκαφών. Μπορεί να υποθεθεί ότι αυτό ισχύει σε όλες τις διεθνείς θαλάσσιες συμβάσεις.

Έτσι, τα μη επανδρωμένα σκάφη θα έχουν όλα τα ίδια δικαιώματα για την εκτέλεση όλων των ίδιων καθηκόντων, όπως τα παραδοσιακά επανδρωμένα σκάφη.

- Εθνικοί ορισμοί.

Είναι ήδη σαφές ότι σύμφωνα με το διεθνές ναυτικό δίκαιο, ένα μη επανδρωμένο σκάφος θα εξομοιώνεται με ένα επανδρωμένο σκάφος και θα υπάγονται στα ίδια διεθνή καθεστάτα. Για να προσδιορίσουμε εάν αυτό ισχύει και στην εθνική ναυτιλιακή νομοθεσία, θα εξετάσουμε διαφορετικούς ορισμούς από διάφορες εθνικές νομοθεσίες. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, ο τυπικός ορισμός ενός «σκάφους» ορίζει ότι «ένα σκάφος είναι κάθε περιγραφή των θαλάσσιων σκαφών ή άλλων τεχνητών επιφανειών που χρησιμοποιούνται, ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν, ως μέσο μεταφοράς στο νερό». Πανομοιότυποι ορισμοί χρησιμοποιούνται σε πολλές άλλες πράξεις, όπως ο νόμος για το λιμάνι Deepwater του 1974, ο νόμος για τους διεθνείς



κανόνες ναυσιπλοΐας του 1977 κλπ. Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό λοιπόν, ένα μη επανδρωμένο σκάφος θα θεωρείται ως σκάφος.

Τα αμερικανικά δικαστήρια έχουν αναπτύξει το «τεστ σκοπού» για να αποφασίσουν τι είναι ένα σκάφος. Αυτή η δοκιμή αναλύει,

(1) εάν η δομή είναι κινητή και ικανή να μεταφερθεί μέσω νερού.

(2) εάν υπόκειται στους κινδύνους της θάλασσας ·

(3) εάν η κατασκευή έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι μόνιμα σταθερή στη θέση της · και

(4) εάν η κατάσταση του σκάφους είναι σύμφωνη με θεσμικά ή άλλα ζητήματα πολιτικής.

Εάν η ερώτηση σχετικά με τα μη επανδρωμένα σκάφη θα υποβληθεί σε αμερικανικό δικαστήριο μετά από αυτό το «τεστ σκοπού», θα είχε κατά πάσα πιθανότητα 4 θετικές απαντήσεις, με το συμπέρασμα ότι ένα μη επανδρωμένο σκάφος είναι επίσης ένα κανονικό σκάφος

Το Ηνωμένο Βασίλειο έχει έναν ακόμη πιο βασικό ορισμό για το τι είναι ένα σκάφος. Σύμφωνα με τον νόμο περί εμπορικής ναυτιλίας του 1995, ένα πλοίο είναι «οποιοδήποτε πλοίο ή σκάφος ή οποιαδήποτε άλλη περιγραφή του πλοίου που χρησιμοποιείται στην πλοήγηση».

Στη γαλλική νομοθεσία, ένα πλοίο ορίζεται ως «πλωτό, κινούμενο σκάφος σχεδιασμένο για πλοήγηση στον ωκεανό» ενώ στον Ολλανδικό Αστικό Κώδικα, τα πλοία είναι «όλα τα πράγματα, εκτός από τα αεροσκάφη, και αυτό οφείλεται στην κατασκευή τους που προορίζονται για να επιπλέουν ή έχουν αιωρήσει»

Η λίστα με τους εθνικούς ορισμούς μπορεί να είναι μακροσκελής αφού όλα καταλέγουν στο ίδιο συμπέρασμα. Ο σκοπός όμως είναι να δείξουμε ότι ξεκάθαρα, ένα μη επανδρωμένο πλοίο θα έχει τα προσόντα όπως οποιοδήποτε άλλο πλοίο. Κανένας από αυτούς τους ορισμούς δεν αναφέρει τίποτα σχετικά με την επιβίβαση πληρώματος. Ως εκ τούτου, η παρουσία ενός πληρώματος δεν είναι απαραίτητη στοιχείο ενός πλοίου.

Κατά συνέπεια, τα μη επανδρωμένα πλοία θα υπόκεινται στις υφιστάμενες διεθνείς συμβάσεις και εθνικές νομοθεσίες.



## 5.2 Λειτουργικές προκλήσεις

Κάθε πλοίο οφείλει να συμμορφώνεται με τους Διεθνείς Κανονισμούς για την Πρόληψη Συγκρούσεων στη Θάλασσα (**COLREGS**), ο οποίος ορίζει τους κανόνες πλοήγησης που πρέπει να ακολουθούν τα πλοία και άλλα σκάφη στη θάλασσα για την αποφυγή συγκρούσεων. Για την τήρηση των κανόνων απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη ατόμων στο πλοίο για να βεβαιωθούν ότι τηρούνται αυτοί οι κανονισμοί. Με τα αυτόνομα πλοία ένα κρίσιμο ζήτημα για την αποφυγή πιθανής σύγκρουσης είναι ο τρόπος με τον οποίο αλληλεπιδρούν τα επανδρωμένα και τα μη επανδρωμένα σκάφη, ειδικά όταν λειτουργούν σε περιοχές με έντονη κυκλοφοριακή συμφόρηση ή σε περιοχές όπου το περιβάλλον μπορεί να αλλάξει απότομα λόγω απροσδόκητων γεγονότων. Οι επικοινωνίες μεταξύ επανδρωμένων και μη επανδρωμένων πλοίων είναι κρίσιμες και μπορεί να είναι απαραίτητη η αμοιβαία συμφωνία σχετικά με την πορεία των μέτρων που πρέπει να ληφθούν μεταξύ των πλοίων για τη διαχείριση της κυκλοφορίας.

Ένα μη επανδρωμένο πλοίο θα περιορίζεται στην επίγνωση της κατάστασης που απαιτείται για τη λήψη κατάλληλων αποφάσεων με βάση μόνο τις πληροφορίες που παρουσιάζονται στις οθόνες. Σε ένα πλοίο που λειτουργεί από απόσταση, αυτό το κύριο μέσο επικύρωσης των πληροφοριών που εμφανίζονται δεν υπάρχει. Στο αντίποδα σε πλήρως αυτόνομα πλοία, τα οποία εξαρτώνται από αλγόριθμους ανίχνευσης για να υπακούουν στους κανόνες θαλάσσιας κυκλοφορίας η τεχνητή νοημοσύνη θα παίρνει πάντα τις «σωστές» αποφάσεις σε πιθανά συμβάντα σύγκρουσης; Έντονες ανησυχίες για την επίγνωση της κατάστασης ισχύουν επίσης για τις καιρικές συνθήκες και τις επιπτώσεις τους στο πλοίο.

Επίσης σημαντικές κινήσεις όπως η προσάρτηση και η απομάκρυνση από ένα λιμάνι παρουσιάζουν ιδιαίτερη προσοχή για τα αυτόνομα πλοία. Αυτά και άλλα ζητήματα που σχετίζονται με την επιχειρησιακή ασφάλεια της πλοήγησης ενός μη επανδρωμένου πλοίου αποτελούν προκλήσεις που δεν έχουν ακόμη επιλυθεί.





### 5.3 Προκλήσεις ασφαλείας

Οι προκλήσεις ασφαλείας που σχετίζονται με τα συμβατικά επανδρωμένα πλοία περιλαμβάνουν την ασφάλεια πλοίων, την ασφάλεια φορτίου, την ασφάλεια της θαλάσσιας κυκλοφορίας, την περιβαλλοντική ασφάλεια και την ανθρώπινη ασφάλεια. Ωστόσο οι συγκεκριμένες απαιτήσεις-κανόνες μπορεί να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα για τα αυτόνομα πλοία. Για παράδειγμα, οι κανονισμοί της **SOLAS** απαιτούν από έναν πλοίαρχο να ανταποκρίνεται άμεσα σε άτομα που βρίσκονται σε κίνδυνο στη θάλασσα και έχει την υποχρέωση να προχωρήσει στην διάσωση τους. Είναι αμφισβητήσιμο εάν ένα αυτόνομο πλοίο μπορεί να προσφέρει βοήθεια εξίσου αποτελεσματικά με ένα επανδρωμένο πλοίο, είτε σε καταστάσεις αναζήτησης είτε διάσωσης.

Επίσης τα αυτόνομα πλοία ενώ θα κρατήσουν τους ναυτικούς σε ασφαλή σημεία μακριά από κινδύνους και βλάβες, υπάρχουν άλλοι κίνδυνοι ασφαλείας που θα αυξηθούν ως αποτέλεσμα της έλλειψης πληρώματος. Στην εποχή της μη επανδρωμένης ναυτιλίας, θα ήταν αφελές να περιμένουμε ότι οι πειρατές και οι τρομοκράτες θα εξαφανιστούν από την ανοικτή θάλασσα. Μπορεί ακόμη και να πιστεύουν ότι τέτοια πλοία θα είναι νέοι και πιο ήπιοι στόχοι. Χωρίς πλήρωμα, ένα αυτόνομο πλοίο πιθανότατα κινδυνεύει να απαχθεί με σκοπό να κλαπεί το φορτίο ή να απαγάγει το σκάφος για λύτρα ή τρομοκρατικούς σκοπούς. Ειδικά τα σκάφη που μεταφέρουν εκρηκτικές, εύφλεκτες ή τοξικές ουσίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως όπλα από τους τρομοκράτες. Λόγω της εξάρτησής τους από τα συστήματα αυτοματισμού και την τεχνητή νοημοσύνη, τα αυτόνομα πλοία είναι πολύ πιο ευαίσθητα σε αεροπειρατές άλλης μορφής όπως είναι οι χάκερ. Ακόμη και όταν τα συμβατικά πλοία συνδέονται όλο και περισσότερο και εξαρτώνται από συστήματα που εξαρτώνται από το λογισμικό, η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο λαμβάνει ήδη αυξανόμενη προσοχή από τις ναυτιλιακές εταιρείες. Με αυτόνομα πλοία, οι κυβερνοεπιθέσεις θα θέσουν ακόμη μεγαλύτερο κίνδυνο για την ασφάλεια και θα απαιτήσουν νέους και καινοτόμους τρόπους άμυνας από τέτοιες επιθέσεις.

Η ευπάθεια στον κυβερνοασφάλεια της παγκόσμιας ναυτιλίας επισημάνθηκε πρόσφατα από την επίθεση στον κυβερνοχώρο στον γίγαντα μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων AP Moller-Maersk τον Ιούνιο του 2017, όταν μια επίθεση στον κυβερνοχώρο έχασε τις διαδικτυακές κρατήσεις και άλλες εσωτερικές πλατφόρμες, αναγκάζοντάς την να σταματήσει τη λειτουργία σε ορισμένα τερματικά εμπορευματοκιβωτίων. Η κυβερνοεπίθεση προκάλεσε απώλεια έως και 300 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ και διέκοψε τις εργασίες για δύο εβδομάδες



## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι δεδομένο πλέον ότι η ναυτιλία βρίσκεται σε ένα μεταβατικό στάδιο της μετάβασης από τα επανδρωμένα στα μη επανδρωμένα πλοία. Η ταχυτάτη τεχνολογική εξέλιξη ξεκίνησε ήδη από τα προηγούμενα έτη να επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ναυτική βιομηχανία μέσω της όποιες σημαντικές εταιρίες αποφάσισαν να επενδύσουν σε έργα μέσα από τα οποία πρόέκυψαν σημαντικά συμπεράσματα.

Παρόλο που σε αυτό το μεταβατικό στάδιο υπάρχουν αρκετά αναπάντητα ερωτήματα τα οποία πρέπει να επιλυθούν είναι σίγουρο ότι οι τεχνολογικές και ναυτιλιακές εταιρίες θα επενδύσουν μελλοντικά προς σε αυτήν την κατεύθυνση και αυτό γιατί με την πλήρη αφαίρεση του πληρώματος από το πλοίο, οι εταιρείες αυτές μπορούν να επιτύχουν καλύτερα κέρδη χάρη στο μειωμένο κόστος επάνδρωσης και την ταυτόχρονη αύξηση της μεταφορικής τους ικανότητας και όχι μόνο.

Με τα μέχρι τώρα δεδομένα φαίνεται ότι ένα μη επανδρωμένο πλοίο εμφανίζει πιο χαμηλά ποσοστά εμφάνισης κινδύνων σε σχέση πάντα με ένα συμβατικό πλοίο, γεγονός που το καθίστα πιο αξιόπιστο και πιο ασφαλές για την μεταφορά ανθρώπων και αγαθών.

Ωστόσο είναι δεδομένο ότι ακλουθώντας αυτό το δύσκολο μονοπάτι, της εδραίωσης των αυτόνομων πλοίων, προκύπτουν και σημαντικά ζητήματα όπως είναι οι νομικές προκλήσεις, η ασφάλεια που αφορά την θάλασσα, οι περιβαλλοντολογικές επιπτώσεις η ακόμα και κοινωνικά ζητήματα όπως είναι η σταδιακή εξάλειψη του επαγγέλματος του ναυτικού.

Τοποθετώντας όλα αυτά τα δεδομένα που έχουν προκύψει ως τώρα σε μια ζυγαριά οι θετικές επιπτώσεις φαίνεται γέρνουν την ζυγαριά προς το μέρος τους οπότε καταλήγουμε στο συμπεράσματα ότι τα αυτόνομα πλοία αργά η γρήγορα θα καθιερωθούν ως αναπόσπαστο κομμάτι της ναυτιλίας.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία σταθήκαμε στα εξής σημεία μέσα από τα οποία μπορούμε να αντιληφτούμε σημαντικές έννοιες και πτυχές για τον «κόσμο» των αυτόνομων πλοίων:

- Θεωρήσαμε σημαντικό μια ιστορική αναδρομή μέσα από την οποία καταλέξαμε στα αυτόνομα πλοία.
- Αναφερθήκαμε στις κατηγορίες που υπάρχουν την δεδομένη χρονική στιγμή αλλά και στους βαθμούς αυτονομίας.



- Ακλούθησε πλήρης ανάλυση για τέσσερα πολύ σπουδαία έργα τα αποτελέσματα των οποίων θα αλλάξουν άρδην το σκηνικό της ναυτιλίας.
- Δώσαμε έμφαση στα πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα που προκύπτουν από μια ενδεχόμενη καθιέρωση.
- Ενώ απαραίτητη κρίθηκε και η αναφορά σε προκλήσεις που προκύπτουν και θα προκύψουν από τα μη επανδρωμένα πλοία.

Συνοψίζοντας, μέσα από την συγκεκριμένη διπλωματική διατριβή προσπαθήσαμε να προσεγγίσουμε όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά γίνεται το κεφαλαίο αυτόνομα πλοία. Είναι γεγονός ότι το συγκεκριμένο θέμα παρουσιάζει πολλές αλλά και δύσκολες πτυχές ενώ είναι βέβαιο ότι όσο η τεχνολογία εξελίσσεται τόσο και παραπάνω δεδομένα θα προκύπτουν τα οποία χρίζουν περαιτέρω ανάλυση. Όμως η αναφορά που έγινε στο έργο MUNIN και το έργο AAWA, είναι μόνο η αρχή των κορυφαίων τεχνολογιών που θα ανοίξουν το δρόμο για την επαναστατική εποχή του έξυπνου πλοίου.



## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ.

- [1]. <http://impschool.gr/ergakimeres/images/etos1314/dimotiko/st-dim/ilektr-syskeves/ploia-st3.pdf>
- [2]. [http://2lyk-laris.lar.sch.gr/autosch/joomla15/images/pdf\\_files/201213/ploes.pdf](http://2lyk-laris.lar.sch.gr/autosch/joomla15/images/pdf_files/201213/ploes.pdf)
- [3]. <http://users.sch.gr/maritheodo/history-pi/section1/ploia/lemmata/2-3-1.htm>
- [4]. <https://www.slideshare.net/elokab/ss-37382081>
- [5]. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CE%B1%CE%BB%CE%AD%CF%81%CE%B1>
- [6]. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%99%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BF%CF%86%CF%8C%CF%81%CE%BF#%CE%95%CE%BE%CE%AD%CE%BB%CE%B9%CE%BE%CE%B7>
- [7]. <https://www.greekshippingmiracle.org/el/history/1900.html>
- [8]. <http://amfictyon.blogspot.com/2018/12/1863-1940.html>
- [9]. <https://e-nautilia.gr/katigories-kai-eidi-ploiwn/>
- [10]. [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82\\_%CE%BD%CF%84%CE%AF%CE%B6%CE%B5%CE%BB](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%B9%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82_%CE%BD%CF%84%CE%AF%CE%B6%CE%B5%CE%BB)
- [11]. <https://www.offshore-energy.biz/asv-c-worker-7-supports-subsea-7-in-mediterranean-pipelay-ops/>
- [12]. <https://www.marinetechnews.com/news/worker-subsea-556247>
- [13]. <https://www.autonomousshipshq.com/c-worker-7/>
- [14]. <https://marine-offshore.bureauveritas.com/insight/autonomous-ships>
- [15]. <https://www.shortsea.gr/plia-choris-plerioma-unmanned-vessels/>
- [16]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213624X18303092>
- [17]. <http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4822/ntst94.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [18]. <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf> AAWA.
- [19]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405535214000035> MUNIN.
- [20]. <https://www.autonomousshipshq.com/revolt/#prettyPhoto> REVOLT
- [21]. <https://www.dnv.com/research/maritime/recharge.html> REVOLT
- [22]. <https://www.ship-technology.com/projects/yara-birkeland-autonomous-container-vessel> YARA
- [23]. <https://www.kongsberg.com/maritime/support/themes/autonomous-ship-project-key-facts-about-yara-birkeland> YARA
- [24]. <https://www.hellenicshippingnews.com/the-good-the-bad-and-the-ugly-unmanned-ships>



- 
- [25]. <https://www.innovationnewsnetwork.com/the-benefits-of-autonomous-shipping-technologies/6531>
- [26]. <https://www.houstoninjurylawyer.com/will-autonomous-shipping-affect-maritime-industry>
- [27]. [https://libstore.ugent.be/fulltxt/RUG01/002/349/671/RUG01-002349671\\_2017\\_0001\\_AC.pdf](https://libstore.ugent.be/fulltxt/RUG01/002/349/671/RUG01-002349671_2017_0001_AC.pdf)
- [28]. <https://brill.com/view/book/edcoll/9789004380271/BP000093.xml>