

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ



ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ



ΔΠΜΣ

Διοίκηση στη Ναυτική Επιστήμη και Τεχνολογία

Διπλωματική Εργασία

**“ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ MARITIME AUTONOMOUS SURFACE SHIPS (MASS)
ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ & ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ”**

Ελευθέριος Καπετάνιος

ΜΝΣΝΔ 22016

Νικόλαος Μαλές

ΜΝΣΝΔ 22025

Επιβλέπων Καθηγητής: Χρήστος Βαζούρας

Πειραιάς

Απρίλιος 2024

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ / ΖΗΤΗΜΑΤΑ COPYRIGHT

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

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΜΕΛΟΣ Α΄: Χρήστος Βαζούρας

ΜΕΛΟΣ Β΄: Μιχαήλ Φαφαλιός

ΜΕΛΟΣ Γ΄: Ανδρέας Τσιγκόπουλος

Ευχαριστίες ή Αφιέρωση

Η παρούσα εργασία αφιερώνεται στην σύζυγό μου Όλγα και τον γιο μου Διονύση, τους οποίους και ευχαριστώ ιδιαίτερος για την συμπαράστασή τους, την υπομονή και ανεκτικότητα που έδειξαν και τη στήριξη που μου παρείχαν αυτόν τον τελευταίο ενάμιση χρόνο κατά τη φοίτησή μου στο ΔΠΜΣ.

Μαλές Νικόλαος

Ευχαριστώ θερμά τη σύζυγό μου Αλεξάνδρα για τη στήριξη και την υπομονή που επέδειξε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο ΔΠΜΣ, μία περίοδο ιδιαίτερα δύσκολη λόγω των επιπρόσθετων αυξημένων επαγγελματικών μου υποχρεώσεων. Την παρούσα εργασία την αφιερώνω στα παιδιά μου Αλίκη και Παναγιώτη τα οποία μου δίνουν δύναμη σε κάθε βήμα μου, σε κάθε προσπάθειά μου για εξέλιξη και βελτίωση.

Καπετάνιος Ελευθέριος

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
Abstract.....	2
1. Εισαγωγή	3
2. Ορισμοί & βασικές έννοιες	5
2.1 Επίπεδα αυτονομίας.....	6
2.2 Μη επανδρωμένα σκάφη επιφάνειας (USV).....	6
2.3 Αυτόνομα Πλοία Επιφανείας (ASV)	7
2.4 Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και Μηχανική Μάθηση (ML)	7
2.5 Τεχνολογίες Τηλεπισκόπησης.....	8
2.6 Συστήματα Επικοινωνίας	8
2.7 Διεπαφή ανθρώπου-μηχανής (HMI: Human Machine Interface).....	9
2.8 Κυβερνο-φυσικά συστήματα (CPS: Cyber-Physical Systems)	9
2.9 Αυτόνομα Συστήματα Πλοήγησης	9
2.10 Ανθρώπινη Επίβλεψη και Παρέμβαση	10
3. Εφαρμογές των μη επανδρωμένων πλωτών μέσων στη ναυτιλία	10
Στρατιωτικές 10	
Ποντοπόρος ναυτιλία.....	11
Αλιεία 12	
Λιμενικές ευκολίες 12	
Ερευνητικοί σκοποί – ερευνητικά σκάφη.....	13
4. Αξιοπιστία των MASS.....	14
Φυσική Ασφάλεια των MASS	14
Cyber security 14	
1. Τοπίο απειλών και κίνδυνοι:	16
2. Ασφαλή Συστήματα Επικοινωνίας:	16
3. Ακεραιότητα και προστασία δεδομένων:	16
4. Προηγμένη ανίχνευση και απόκριση απειλών:.....	17
5. Διεθνής Συνεργασία και Πρότυπα:	17
Εκπαίδευση προσωπικού διαχείρισης των MASS	18
Εξωτερικοί παράγοντες επίδρασης κατά τη χρήση των MASS	18

5. Επιπτώσεις, ευεργετικά αποτελέσματα, προκλήσεις & Case Studies - Περιβαλλοντικές επιδράσεις (GHG)	19
5.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις	19
5.2 Βελτιώσεις ασφάλειας	20
5.3 Οικονομικά ζητήματα	20
5.4 Άλλες θετικές επιδράσεις	21
5.5 Προκλήσεις και προβληματισμοί	21
5.6 Μελέτες περίπτωσης και εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο.....	21
5.6.1. Mayflower Autonomous Ship.....	22
5.6.2: YARA Birkeland: Επανάσταση στις θαλάσσιες μεταφορές στη Νορβηγία.....	22
5.6.3: Sea Machines: Αυτόνομος Έλεγχος για Σκάφη Εργασίας	23
5.6.4: Τα αυτόνομα πορθμεία Kongsberg στη Νορβηγία	24
5.6.5: Αυτόνομη Επιθεώρηση και Συντήρηση με την ASV Global	25
5.7 Μελλοντικές τάσεις και πιθανές καινοτομίες.....	26
5.8 Προοπτικές Εμπλεκόμενων / Ενδιαφερόμενων Φορέων	33
6. Νομικό πλαίσιο.....	36
6.1: Διεθνές Ναυτικό Δίκαιο και Συμβάσεις.....	36
6.2: Θεσμικά κείμενα και κατευθυντήριες γραμμές.....	37
6.3: Πρότυπα και πρωτόκολλα κυβερνοασφάλειας.....	37
6.4: Θέματα ευθύνης και ασφάλισης.....	39
6.5: Ελληνική νομοθεσία και προκλήσεις δικαιοδοσίας.....	39
6.6: Ηθικές και κοινωνικές επιπτώσεις.....	40
6.7: Μηχανισμοί επιβολής και παρακολούθηση συμμόρφωσης	40
7. Μελλοντικές Εξελίξεις – Εκτιμήσεις.....	41
8. Συμπεράσματα – Επίλογος.....	43
Βιβλιογραφία	50

Πίνακας Σχημάτων

Αριθμός Σχήματος	Περιγραφή	Σελίδα
Εικόνα 1	Επίπεδα Αυτονομίας των Drones (Levels of Drone Autonomy)	6
Εικόνα 2	Ørsted (USV Hugin μέτρηση – συλλογή δεδομένων Ωκεανών	7
Εικόνα 3	Εικόνες μέσω Lidar για το νησί Vanuatu και το νησί Tonga	8
Εικόνα 4	Miltech USV	11
Εικόνα 5	The Yara Birkeland εν πλω	12
Εικόνα 6	Ørsted	13
Εικόνα 7	Μελλοντική Διασυνδεσιμότητα	15
Εικόνα 8	Αυτόνομο πλοίο Mayflower	22
Εικόνα 9	SM300 prototype AI	23
Εικόνα 10	Αυτόνομο επιβατηγό σκάφος στα στενά φιόρδ του Τρόντχαϊμ (ASV milliAmpere)	24
Εικόνα 11	Εντοπισμός εμποδίου από το αυτόνομο επιβατηγό milliAmpere	25
Εικόνα 12	USV C-Worker 4	26
Εικόνα 13	Εφαρμογές Blockchain	28
Εικόνα 14	Internet of things	29
Εικόνα 15	3d - Lidar	29
Εικόνα 16	USV Ground Control Station	30
Εικόνα 17	USV solar and wind power	30
Εικόνα 18	Overview of high-level modules, Cybersecurity Considerations in Autonomous Ships, CHO, ORYE, VISKY, PRATES, NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence: Tallinn, Estonia, 2022	38
Εικόνα 19	Architectural overview of unmanned ships	39

Πίνακας Συντμήσεων

AI	Artificial Intelligence
AIC	Aggregated Import Code
AIS	Automatic identification systems
ASV	Autonomous Surface Ships
BIMCO	Baltic and International Maritime Council
ECDIS	Electronic chart display and information system
EEDI	Energy Efficiency Design Index
GDP	Gross Domestic Product
GHG	Greenhouse Gas
GNSS	Global Navigation Satellite System
ICS	International Chamber of Shipping
IGF	International Code of safety for ships using gases or other lowflashpoint fuels
HMI	Human Machine Interface
IMO	International Maritime Organization
IoT	Internet of Things
IS	International Code on intact stability, 2008
ISM	The International Safety Management Code
ISPS	The International Ship and Port Facility Security Code
LIDAR	Light Detection and Ranging
LLMC	Convention on Limitation of Liability for Maritime Claims, 1976
MARPOL 73/78	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 73/78
MARPOR	The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
MASS	Maritime Autonomous Surface Ship
ML	Machine Learning
MLC	Maritime Labour Convention
MSC	Maritime Safety Committee
RADAR	Radio Detection and Ranging
SCC	Shore Control Center

SEEMP	Ship Energy Efficiency Management Plan
SNAME	Society of Naval Architects and Marine Engineers
SOLAS	The International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974
STCW	The International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978
SVAN	Safer Vessel with Autonomous Navigation
UNCLOS	United Nations Convention on the Law of the Sea.
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development
USV	Unmanned Surface Vessels
VHF	Very High Frequency

Περίληψη

Το ταξίδι μέσω Θαλάσσιων Αυτόνομων Πλοίων Επιφανείας (MASS) ξετυλίγεται ως ένας συνδυασμός ενθουσιασμού και προκλήσεων. Είμαστε μάρτυρες της εξέλιξης της τεχνολογίας, από την εξελιγμένη τεχνητή νοημοσύνη έως τις εφαρμογές στον στρατό, τη ναυτιλία και την έρευνα, όμως, ενώ υποσχόμαστε αποτελεσματικότητα και βιωσιμότητα, αντιμετωπίζουμε το κρίσιμο καθήκον της διασφάλισης της αξιοπιστίας, τόσο στον φυσικό χώρο όσο και στον κυβερνοχώρο. Τα πιθανά περιβαλλοντικά οφέλη είναι σημαντικά, αλλά απαιτείται προσεκτική εξέταση για την αντιμετώπιση απρόβλεπτων συνεπειών. Το νομικό πλαίσιο και οι διαφορετικές προοπτικές των ενδιαφερομένων παίζουν κρίσιμο ρόλο, με την Ελλάδα να λειτουργεί ως αξιοσημείωτη περίπτωση προσαρμογής σε εθνικό επίπεδο. Κοιτάζοντας το μέλλον, υπόσχεται συνεχή τεχνολογική πρόοδο, ρυθμιστική εξέλιξη και κοινωνική αποδοχή. Για να πλεύσουμε με επιτυχία αυτά τα αχαρτογράφητα νερά, οι συνεργατικές προσπάθειες, η διαφάνεια και η δέσμευση για υπεύθυνη καινοτομία είναι απαραίτητες για την ασφαλή και βιώσιμη αναμόρφωση της ναυτιλιακής βιομηχανίας μέσω των MASS σκαφών.

Λέξεις –Κλειδιά: Θαλάσσια Αυτόνομα Επιφανειακά Πλοία (MASS), Τεχνολογική Εξέλιξη, Προκλήσεις Αξιοπιστίας, Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις, Νομικό Πλαίσιο και Διακυβέρνηση

Abstract

The journey through Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) unfolds as a blend of excitement and challenges. We witness the evolution of technology, from sophisticated AI to applications in military, shipping, and research, however, while promising efficiency and sustainability, we confront the critical task of ensuring reliability, both physically and in cyberspace. The potential environmental benefits are substantial, but careful consideration is required to navigate unforeseen consequences. Legal frameworks and diverse stakeholder perspectives have a crucial role, with Greece serving as a notable case in adapting nationally. Looking ahead, the future holds promises of continued technological advancement, regulatory evolution, and societal acceptance. To sail these uncharted waters successfully, collaborative efforts, transparency, and a commitment to responsible innovation are essential for reshaping the maritime industry securely and sustainably with the help of MASS ships.

Keywords: Maritime Autonomous Surface Ships (MASS), Technological Evolution, Reliability Challenges, Environmental Impact, Legal Framework and Governance

1. Εισαγωγή

Η ναυτιλιακή βιομηχανία στέκεται ως προπύργιο του διεθνούς εμπορίου και των μεταφορών για αιώνες, ενισχύοντας την οικονομική ανάπτυξη και την παγκόσμια συνδεσιμότητα (Xu et al.,2023). Οι θάλασσες έχουν πλοηγηθεί από ναυτικούς που έχουν επιδέξια ταξιδέψει με σκάφη στους ωκεανούς του κόσμου, διασφαλίζοντας την αποτελεσματική μετακίνηση εμπορευμάτων και επιβατών. Αυτό το παραδοσιακό παράδειγμα της ναυτιλίας, ωστόσο, υποβάλλεται σταδιακά σε έναν βαθύ μετασχηματισμό, που υπόσχεται να επαναπροσδιορίσει το μέλλον των ναυτιλιακών επιχειρήσεων. Στο επίκεντρο αυτού του μετασχηματισμού βρίσκεται η ιδέα των θαλάσσιων αυτόνομων πλοίων επιφανείας (Maritime Autonomous Surface Ships : MASS).

Η παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία βασίζεται εδώ και πολύ καιρό στην ανθρώπινη τεχνογνωσία, τα πληρωμένα πλοία και τις χειρωνακτικές λειτουργίες για την εκτέλεση διαφόρων εργασιών στη θάλασσα. Αυτές οι ανθρωποκεντρικές προσεγγίσεις έχουν εξυπηρετήσει καλά τη βιομηχανία, διασφαλίζοντας την ασφαλή και αποτελεσματική μεταφορά αγαθών, ενεργειακών πόρων και ανθρώπων. Ωστόσο, καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να προοδεύει με πρωτοφανή ρυθμό, ο ναυτιλιακός τομέας γίνεται όλο και πιο δεκτικός στην αυτοματοποίηση και την αυτονομία.

Έτσι, τα τελευταία χρόνια, η ναυτιλιακή βιομηχανία έγινε μάρτυρας της εμφάνισης των MASS, που συχνά αναφέρονται ως Θαλάσσια Μη Επανδρωμένα Σκάφη Επιφανείας (Unmanned Surface Vessels ή USVs) ή Θαλάσσια Αυτόνομα Σκάφη Επιφανείας (Autonomous Surface Ships ή ASVs). Ένα σκάφος MASS αντιπροσωπεύει μια θεμελιώδη αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται, λειτουργούν και συντηρούνται τα πλοία. Ενσωματώνουν προηγμένες τεχνολογίες όπως τεχνητή νοημοσύνη, μηχανική μάθηση, τηλεπισκόπηση και προηγμένα συστήματα ελέγχου για την αυτόνομη πλοήγηση και εκτέλεση διαφόρων εργασιών (Bogusławski et al.,2022).

Η ενσωμάτωση των MASS στον θαλάσσιο τομέα εισάγει προκλήσεις και ευκαιρίες. Από τη μια πλευρά, το MASS υπόσχεται να βελτιώσει τη λειτουργική απόδοση, να βελτιώσει την ασφάλεια, να μειώσει το κόστος εργασίας και να συμβάλει στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Από την άλλη πλευρά, η υιοθέτησή τους εγείρει ανησυχίες σχετικά με την αξιοπιστία, την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, τα νομικά πλαίσια και τις επιπτώσεις στο εργατικό δυναμικό (Coito,2021). Έτσι, η κατανόηση του πολύπλευρου τοπίου των MASS και των εφαρμογών τους στη ναυτιλιακή βιομηχανία είναι υψίστης σημασίας.

Αυτή η έρευνα επιδιώκει να επιτύχει πολλαπλούς βασικούς στόχους:

- Να εξερευνήσουμε τις διαφορετικές εφαρμογές των MASS στη Ναυτιλία: Περιλαμβάνοντας μια ολοκληρωμένη εξέταση της ανάπτυξης MASS σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των στρατιωτικών, εμπορικών θαλάσσιων μεταφορών, αλιείας, λιμενικών εγκαταστάσεων και ερευνητικών σκοπών.
- Να αξιολογήσουμε την αξιοπιστία των MASS: Αυτό συνεπάγεται την αξιολόγηση της φυσικής ασφάλειας των MASS, την αντιμετώπιση των προκλήσεων στον κυβερνοχώρο, την αξιολόγηση των απαιτήσεων εκπαίδευσης για το διοικητικό προσωπικό των MASS και τον εντοπισμό εξωτερικών παραγόντων που επηρεάζουν τις λειτουργίες MASS.
- Να αναλύσουμε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης MASS: Συγκεκριμένα, η μελέτη θα επικεντρωθεί στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της MASS όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG) καθώς θα διερευνήσουμε και άλλες θετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.
- Να εξετάσουμε το νομικό πλαίσιο και τα θεσμικά κείμενα: Η μελέτη θα εμβαθύνει στα υπάρχοντα νομικά πλαίσια και τους διεθνείς νόμους που διέπουν τις επιχειρήσεις MASS στον θαλάσσιο τομέα.
- Να παρέχουμε πληροφορίες για τις μελλοντικές εξελίξεις: Η έρευνα θα διερευνήσει τις αναμενόμενες μελλοντικές εξελίξεις και θα προσφέρει εκτιμήσεις σχετικά με την ευρεία υιοθέτηση των MASS στη ναυτιλία.

Για την καθοδήγηση αυτής της μελέτης, θα εξεταστούν διάφορα ερευνητικά ερωτήματα:

- Ποιες είναι οι διάφορες εφαρμογές των MASS στη ναυτιλιακή βιομηχανία και πώς επηρεάζουν διαφορετικούς τομείς;
- Ποια είναι τα βασικά ζητήματα για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας και της ασφάλειας των λειτουργιών MASS;
- Ποιες είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης MASS, ιδιαίτερα στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου;
- Πώς είναι δομημένο το νομικό πλαίσιο για να διέπει τις επιχειρήσεις MASS και ποιοι διεθνείς νόμοι εφαρμόζονται;
- Ποιες είναι οι αναμενόμενες μελλοντικές εξελίξεις στην υιοθέτηση των MASS στη ναυτιλιακή βιομηχανία;

Αυτή η διατριβή εστιάζει κυρίως στις εφαρμογές, την αξιοπιστία, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, τις νομικές πτυχές και τις μελλοντικές εξελίξεις των MASS στη ναυτιλιακή βιομηχανία, ενώ έχει σημαντικές επιπτώσεις για διάφορους ενδιαφερόμενους στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Για τους επαγγελματίες του κλάδου, προσφέρει πληροφορίες για τα πιθανά οφέλη και τις προκλήσεις που σχετίζονται με την υιοθέτηση των MASS, βοηθώντας στη λήψη στρατηγικών αποφάσεων. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής και οι ρυθμιστικές αρχές θα επωφεληθούν από την κατανόηση του νομικού και ρυθμιστικού πλαισίου που απαιτείται για τη διαχείριση των αυτόνομων πλοίων, ενώ επιπλέον, ερευνητές και μελετητές θα βρουν αυτή τη μελέτη πολύτιμη για περαιτέρω διερεύνηση και ανάλυση των αναδυόμενων τάσεων στη θαλάσσια αυτονομία.

Η διατριβή διαρθρώνεται σε οκτώ ξεχωριστά κεφάλαια, καθένα από τα οποία εξετάζει συγκεκριμένες πτυχές των MASS στο πλαίσιο της ναυτιλίας:

Κεφάλαιο 2: Ορισμοί

Κεφάλαιο 3: Εφαρμογές μη επανδρωμένων σκαφών στη ναυτιλία

Κεφάλαιο 4: Αξιοπιστία MASS

Κεφάλαιο 5: Επιδράσεις και ευεργετικά αποτελέσματα της χρήσης MASS

Κεφάλαιο 6: Νομικό Πλαίσιο – Θεσμικά Κείμενα – Διεθνές Νομικό Δίκαιο

Κεφάλαιο 7: Μελλοντικές Εξελίξεις – Εκτιμήσεις

Κεφάλαιο 8: Συμπεράσματα – Επίλογος

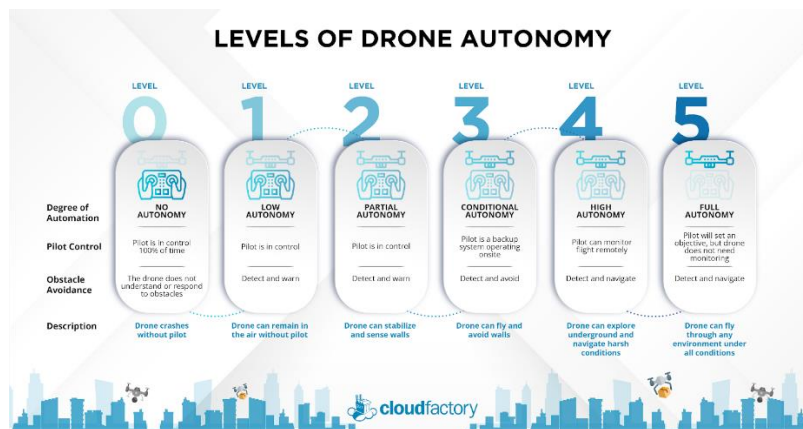
Αυτή η δομημένη προσέγγιση εξασφαλίζει μια ολοκληρωμένη εξέταση των MASS και των επιπτώσεών τους στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

2. Ορισμοί & βασικές έννοιες

Η επιτυχής εξερεύνηση και ανάλυση των θαλάσσιων αυτόνομων πλοίων επιφανείας (MASS) στη ναυτιλιακή βιομηχανία απαιτεί μια σαφή κατανόηση των βασικών ορολογιών και εννοιών που σχετίζονται με τις αυτόνομες ναυτιλιακές τεχνολογίες. Αυτό το κεφάλαιο στοχεύει να ορίσει και να διευκρινίσει τους βασικούς όρους, παρέχοντας μια θεμελιώδη βάση γνώσεων για επόμενες συζητήσεις.

2.1 Επίπεδα αυτονομίας

Τα επίπεδα αυτονομίας κατηγοριοποιούν τον βαθμό στον οποίο ένα σκάφος μπορεί να λειτουργήσει ανεξάρτητα χωρίς άμεση ανθρώπινη παρέμβαση (Munim,2019). Η Εταιρεία Ναυτικών Αρχιτεκτόνων και Μηχανικών Ναυτικών (SNAME) και ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) έχουν καθιερώσει μια τυποποιημένη κλίμακα, που κυμαίνεται από το Επίπεδο 0 (χωρίς αυτονομία) έως το Επίπεδο 5 (πλήρης αυτονομία). Το επίπεδο 0 περιλαμβάνει πλήρη ανθρώπινο έλεγχο, ενώ το επίπεδο 5 συνεπάγεται πλήρη αυτονομία χωρίς ανθρώπινη συμμετοχή.



Εικόνα 1: Επίπεδα Αυτονομίας των Drones (Levels of Drone Autonomy), Πηγή:

<https://blog.cloudfactory.com/levels-of-drone-autonomy>

2.2 Μη επανδρωμένα σκάφη επιφανείας (USV)

Τα μη επανδρωμένα σκάφη επιφανείας (USV), που χρησιμοποιούνται συχνά εναλλακτικά με τα MASS, περιλαμβάνουν μια ευρύτερη κατηγορία που περιλαμβάνει και τα πλοία με διάφορους βαθμούς αυτονομίας (ASV). Τα USV μπορούν να κυμαίνονται από τηλεκατευθυνόμενα πλοία έως πλήρως αυτόνομα πλοία ικανά να λαμβάνουν αποφάσεις χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.



Εικόνα 2: Ørsted (USV Hugin μέτρηση – συλλογή δεδομένων Ωκεανών , Πηγή:

<https://www.oceansciencetechnology.com/news/new-concept-usv-for-offshore-wind-farm-development/>

2.3 Αυτόνομα Πλοία Επιφανείας (ASV)

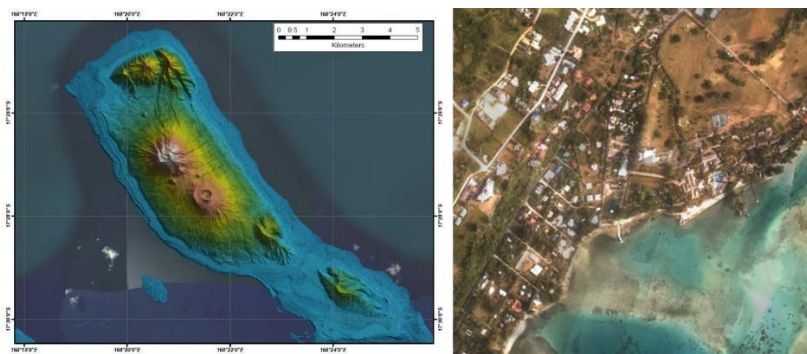
Τα αυτόνομα πλοία επιφανείας (ASV) αναφέρονται σε σκάφη που λειτουργούν στην επιφάνεια του νερού χωρίς πλήρωμα. Αυτά τα σκάφη είναι εξοπλισμένα με προηγμένους αισθητήρες, συστήματα επικοινωνίας και μηχανισμούς ελέγχου για να πλοηγούνται και να εκτελούν εργασίες αυτόνομα. Κατ' ουσίαν το ASV είναι ένα ρομποτικό θαλάσσιο σκάφος που μπορεί να παρακολουθεί την κατάσταση του, τη θέση και τις πτυχές του επιχειρησιακού του περιβάλλοντος για αυτόματη πλοήγηση - λήψη δεδομένων χωρίς την ανάγκη συνεχούς επίβλεψη από τον χειριστή. Τα ASV είναι μια υποκατηγορία των USV.

2.4 Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και Μηχανική Μάθηση (ML)

Η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) και η Μηχανική Μάθηση (ML) διαδραματίζουν κομβικούς ρόλους δίνοντας τη δυνατότητα σε ένα σκάφος MASS να αναλύει δεδομένα, να λαμβάνει αποφάσεις και να προσαρμόζεται σε μεταβαλλόμενα περιβάλλοντα. Η τεχνητή νοημοσύνη, η οποία έχει κάνει αισθητή την παρουσία της στην καθημερινότητά μας (εφαρμογές σε φορητές συσκευές όπως smartphones, tablets, laptops κλπ) αναφέρεται στην ανάπτυξη συστημάτων υπολογιστών που μπορούν να εκτελούν εργασίες που απαιτούν συνήθως ανθρώπινη νοημοσύνη, ενώ η ML εστιάζει σε αλγόριθμους που επιτρέπουν στα συστήματα να μαθαίνουν από δεδομένα (Ye et al.,2023).

2.5 Τεχνολογίες Τηλεπισκόπησης

Οι τεχνολογίες τηλεπισκόπησης, όπως το LiDAR (Light Detection and Ranging ,ανίχνευση φωτός και εμβέλεια). Το LiDAR είναι ένας αισθητήρας ο οποίος εκπέμπει παλμικά κύματα φωτός από ένα λέιζερ στο περιβάλλον. Αυτοί οι παλμοί ανακλώνται από τα γύρω αντικείμενα και επιστρέφουν στον αισθητήρα. Ο αισθητήρας χρησιμοποιεί το χρόνο που χρειάστηκε για να επιστρέψει κάθε παλμός σε αυτόν με σκοπό να υπολογίσει την απόσταση που διένυσε. Το LiDAR και το ραντάρ, αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των MASS για τον εντοπισμό και την ερμηνεία του περιβάλλοντος στο οποίο κινούνται. Το LiDAR όπως προαναφέρθηκε λειτουργεί εκπέμποντας παλμούς λέιζερ και μετρώντας το χρόνο που απαιτείται για να αναπηδήσουν, παρέχοντας ακριβή απόσταση και λεπτομερείς τρισδιάστατους χάρτες. Από την άλλη πλευρά, το Radar βασίζεται σε ραδιοκύματα για την ανίχνευση αντικειμένων και τη μέτρηση της ταχύτητας και της απόστασής τους, υπερέχοντας στην ανίχνευση μεγάλης εμβέλειας και σε αντίξοες καιρικές συνθήκες. Αυτές οι τεχνολογίες παρέχουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στο σύστημα ελέγχου του σκάφους, επιτρέποντάς του να πλοηγείται με ασφάλεια και να λαμβάνει τεκμηριωμένες αποφάσεις (Iwanaga,2019).



Εικόνα 3: Εικόνες μέσω Lidar για το νησί Vanuatu και το νησί Tonga, Πηγή:
<https://www.spc.int/updates/blog/2023/08/lidar-imagery-for-vanuatu-and-tonga>

2.6 Συστήματα Επικοινωνίας

Τα συστήματα επικοινωνίας είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της συνδεσιμότητας μεταξύ MASS και εξωτερικών φορέων, συμπεριλαμβανομένων των κέντρων ελέγχου, άλλων πλοίων και της θαλάσσιας υποδομής (Xu et al.,2023). Αυτά τα συστήματα διευκολύνουν την ανταλλαγή δεδομένων, τη μετάδοση εντολών και την επίγνωση της κατάστασης. Όπως θα αναφερθεί πιο αναλυτικά παρακάτω η αξιοπιστία των MASS είναι

άρρηκτα συνδεδεμένα με ισχυρά και ασφαλή συστήματα επικοινωνίας μετάδοσης πληροφορίας.

2.7 Διεπαφή ανθρώπου-μηχανής (HMI: Human Machine Interface)

Η δι-επαφή ανθρώπου-μηχανής (HMI) αντιπροσωπεύει το σημείο αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπων και MASS. Περιλαμβάνει κονσόλες ελέγχου, οθόνες και δι-επαφές επικοινωνίας που επιτρέπουν στους ανθρώπινους χειριστές να παρακολουθούν, να ελέγχουν και να παρεμβαίνουν όταν είναι απαραίτητο. Μέσω των οθονών / ηλεκτρονικών πινάκων οι χειριστές έχουν πρόσβαση τόσο σε έλεγχο όσο και σε χειρισμό σε διάφορα μηχανήματα. (Pietrzykowski et al.,2019).

2.8 Κυβερνο-φυσικά συστήματα (CPS: Cyber-Physical Systems)

Τα Cyber-Physical Systems (CPS) ενσωματώνουν υπολογιστικούς αλγόριθμους με φυσικές διαδικασίες. Στα συστήματα CPS οι υπολογιστικοί αλγόριθμοι μέσω των ενσωματωμένων υπολογιστών μπορούν να επιτηρούν – ελέγχουν την εξέλιξη των φυσικών διεργασιών με χρήση βρόχων ανάδρασης μέσω των οποίων οι φυσικές διεργασίες αλληλοεπηρεάζονται. Γι' αυτό, η σχεδίαση εν λόγω συστημάτων απαιτεί ως προϋπόθεση την κατανόηση της εξέλιξης των υπολογισμών η οποία είναι δυναμική, του λογισμικού, της δικτύωσης και των φυσικών διεργασιών Στο πλαίσιο των MASS, το CPS αναφέρεται στη διασύνδεση των ψηφιακών συστημάτων του σκάφους με τα φυσικά του στοιχεία, τονίζοντας τη σημασία της κυβερνοασφάλειας . Μία εφαρμογή συστήματος CPS είναι η δυνατότητα ανίχνευσης ακούσιας εκτροπής από την πορεία (φυσική διεργασία μέσω GPS - ηχοβολιστικό) και η προειδοποίηση του χειριστή πλοήγησης (υπολογισμός).

2.9 Αυτόνομα Συστήματα Πλοήγησης

Τα Αυτόνομα Συστήματα Πλοήγησης διέπουν τον σχεδιασμό διαδρομής, την αποφυγή εμποδίων και τη συνολική πλοήγηση των MASS. Αυτά τα συστήματα βασίζονται σε προηγμένους αλγόριθμους και εισόδους αισθητήρων για την ασφαλή και αποτελεσματική πλοήγηση στο σκάφος.

2.10 Ανθρώπινη Επίβλεψη και Παρέμβαση

Παρά την αυτονομία των MASS, η ανθρώπινη εποπτεία και παρέμβαση παραμένουν κρίσιμες. Αυτό περιλαμβάνει την ικανότητα των ανθρώπινων χειριστών να παρακολουθούν τις λειτουργίες των σκαφών, να αναλαμβάνουν τον έλεγχο όταν είναι απαραίτητο και να λαμβάνουν αποφάσεις που μπορεί να υπερβαίνουν τις δυνατότητες των αυτόνομων συστημάτων. Λέγοντας ικανότητα χειριστών συνεπάγεται κατάλληλη εκπαίδευση και μεγάλη εμπειρία στο περιβάλλον της θάλασσας. Επομένως είναι εύκολα κατανοητό ότι οι χειριστές θα προέρχονται από το χώρο της θάλασσας - εμπορικής ναυτιλίας (Καπετάνιοι – Μηχανικοί).

Η κατανόηση αυτών των θεμελιωδών ορισμών παρέχει μια σταθερή βάση για τη διερεύνηση των εφαρμογών, της αξιοπιστίας, των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, των νομικών πλαισίων και των μελλοντικών εξελίξεων των MASS στα επόμενα κεφάλαια. Καθώς εμβαθύνουμε σε αυτές τις πτυχές, αυτοί οι ορισμοί θα χρησιμεύσουν ως δομικά στοιχεία για μια λεπτή κατανόηση του εξελισσόμενου τοπίου των αυτόνομων πλοίων επιφανείας στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

3. Εφαρμογές των μη επανδρωμένων πλοτών μέσω στη ναυτιλία

Τα Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) επαναπροσδιορίζουν το τοπίο των ναυτιλιακών εργασιών, προσφέροντας ποικίλες εφαρμογές σε διάφορους τομείς (Xu et al.,2023). Σε αυτό το κεφάλαιο, διερευνούμε τις διαφοροποιημένες χρήσεις των MASS, ρίχνοντας φως στη βαθιά τους επίδραση στις στρατιωτικές επιχειρήσεις, την εμπορική ναυτιλία, την αλιευτική βιομηχανία, τις λιμενικές εγκαταστάσεις καθώς και ερευνητικούς σκοπούς.

Στρατιωτικές

Η ενσωμάτωση των MASS στις στρατιωτικές επιχειρήσεις αντιπροσωπεύει μια αλλαγή σχεδίασης στις ναυτικές στρατηγικές. Τα μη επανδρωμένα πλοία των πολεμικών ναυτικών, εξοπλισμένα με προηγμένες συστοιχίες αισθητήρων και συστήματα επικοινωνίας, παρέχουν ένα τρομερό πλεονέκτημα στις αποστολές αναγνώρισης και επιτήρησης. Αυτά τα σκάφη μπορούν να πλεύσουν σε δύσκολα περιβάλλοντα με μειωμένο κίνδυνο για το ανθρώπινο

προσωπικό, προσφέροντας ένα απaráμιλλο επίπεδο ευελιξίας και προσαρμοστικότητας. Όταν έχεις μειώσει τον κίνδυνο της απώλειας ζωής του χειριστή, η αποστολή μπορεί να εκτελεστεί με τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα καθώς εξαλείφεται ο δυναμικός παράγοντας του άγχους – φόβου. Εκτός από τους παραδοσιακούς ρόλους, ένα πλωτό MASS μπορεί να αναπτυχθεί για συλλογή πληροφοριών, περιπολία στα σύνορα και ανθυποβρυχιακό πόλεμο, συμβάλλοντας στην ενισχυμένη θαλάσσια ασφάλεια και στρατηγική κυριαρχία.



Εικόνα 4: Miltech USV, Πηγή: <https://www.miltech.gr/press-release-usv-miltech-utek-leonardo/>

Ποντοπόρος ναυτιλία

Στον τομέα της εμπορικής ναυτιλίας, οι MASS αποτελούν τεράστιο πεδίο έρευνας και ένας αξιοσημείωτος πρωτοπόρος στην υιοθέτησή τους είναι η ποντοπόρος ναυτιλία. Η ενσωμάτωση αυτόνομων πλοίων σε εμπορικούς στόλους είναι δυνατόν να φέρει επανάσταση στον κλάδο. Τα MASS μπορούν να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της έλλειψης ναυτικών στο χώρο της ναυτιλίας. Επίσης μπορούν να βελτιστοποιήσουν την σχεδίαση δρομολογίου μέσω ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, προσαρμοζόμενη στις καιρικές συνθήκες και τα μοτίβα κυκλοφορίας (Munim,2019). Η απόδοση καυσίμου βελτιώνεται μέσω της ακριβούς πλοήγησης και των βελτιστοποιημένων ταχυτήτων, μειώνοντας το λειτουργικό κόστος και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επιπλέον, τα αυτόνομα συστήματα διακίνησης φορτίου συμβάλλουν σε απλούστερες λιμενικές λειτουργίες, ελαχιστοποιώντας τους χρόνους φόρτωσης και εκφόρτωσης.



Εικόνα 5: The Yara Birkeland εν πλω, Πηγή: <https://newatlas.com/marine/worlds-first-electric-autonomous-cargo-ship-yara-birkeland-debut/>

Αλιεία

Η αλιευτική βιομηχανία αντιμετωπίζει προκλήσεις βιωσιμότητας και υπεραλίευσης και η MASS προσφέρει καινοτόμες λύσεις για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων. Αυτόνομα σκάφη εξοπλισμένα με προηγμένα συστήματα σόναρ και κάμερας μπορούν αυτόνομα να πλοηγούνται σε αλιευτικές ζώνες, να ερευνούν τα ιχθυαποθέματα και να συλλέγουν δεδομένα για τη διαχείριση της αλιείας (Bogusławski et al., 2022). Η ακρίβεια των MASS επιτρέπει στοχευμένες και βιώσιμες πρακτικές αλιείας, ελαχιστοποιώντας τα παρεμπίπτοντα αλιεύματα και μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Επιπλέον, η ασφάλεια των αλιέων βελτιώνεται καθώς τα αυτόνομα σκάφη αναλαμβάνουν επικίνδυνα καθήκοντα, αφήνοντας τους χειριστές σε εποπτικό ρόλο.

Λιμενικές ευκολίες

Οι λιμένες, οι κρίσιμοι κόμβοι στην παγκόσμια αλυσίδα εφοδιασμού, πρόκειται να επωφεληθούν σημαντικά από την ενσωμάτωση των MASS. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτόνομα πλοία για εργασίες όπως η περιπολία στο λιμάνι, η διασφάλιση της ασφάλειας και της ασφάλειας των λιμενικών εγκαταστάσεων (Munim, 2019). Τα MASS εξοπλισμένα με αισθητήρες και κάμερες συμβάλλουν στην παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, στην ανίχνευση πιθανών κινδύνων και μη εξουσιοδοτημένων δραστηριοτήτων. Επιπλέον, αυτά τα πλοία μπορούν αυτόνομα να διεξάγουν έρευνες και εργασίες συντήρησης, βελτιστοποιώντας

τη λειτουργικότητα της λιμενικής υποδομής. Οι απλοποιημένες διαδικασίες διακίνησης φορτίου μέσω MASS συμβάλλουν στη μείωση του χρόνου αναμονής για τα πλοία, αυξάνοντας τελικά τη συνολική αποτελεσματικότητα των λιμενικών λειτουργιών.

Ερευνητικοί σκοποί – ερευνητικά σκάφη

Το MASS διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην προώθηση της επιστημονικής έρευνας σε θαλάσσια περιβάλλοντα. Ερευνητικά σκάφη εξοπλισμένα με αυτόνομες δυνατότητες μπορούν να αναλάβουν εκτεταμένες και οικονομικά αποδοτικές αποστολές. Αυτά τα σκάφη είναι ανεκτίμητα για ωκεανογραφική έρευνα, όπου μπορούν να συλλέξουν δεδομένα για τα ωκεάνια ρεύματα, τις θερμοκρασίες και τη θαλάσσια ζωή. Η αυτονομία τους επιτρέπει την παρατεταμένη συλλογή δεδομένων σε απομακρυσμένες ή επικίνδυνες περιοχές, συμβάλλοντας στη βαθύτερη κατανόηση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, της κλιματικής αλλαγής και της δυναμικής των ωκεανών (Wariishi,2019). Η ικανότητα λειτουργίας χωρίς ανθρώπινη παρουσία στο πλοίο μειώνει τις υλικοτεχνικές προκλήσεις και το κόστος που σχετίζονται με τα παραδοσιακά ερευνητικά πλοία.

Συμπερασματικά, οι εφαρμογές των MASS σε στρατιωτικούς, εμπορικούς, αλιευτικούς, λιμενικούς και ερευνητικούς τομείς αποδεικνύουν την προσαρμοστικότητα και τις δυνατότητες μετασχηματισμού τους. Καθώς αυτές οι εφαρμογές συνεχίζουν να εξελίσσονται, είναι επιτακτική ανάγκη να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις τους στην ασφάλεια, αλλά και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Γι' αυτό το λόγο, τα επόμενα κεφάλαια θα εμβαθύνουν στην αξιοπιστία των MASS, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, τα νομικά πλαίσια και τις μελλοντικές εξελίξεις, για να παρέχουν μια ολοκληρωμένη κατανόηση του ρόλου και των επιπτώσεων των αυτόνομων πλοίων επιφανείας στον τομέα της ναυτιλίας.



Εικόνα 6: Ørsted, Πηγή: <https://www.oceansciencetechnology.com/news/new-concept-usv-for-offshore-wind-farm-development/>

4. Αξιοπιστία των MASS

Η αξιοπιστία των Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) είναι μια πολύπλευρη έννοια που περιλαμβάνει τη φυσική ασφάλεια, την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, την εκπαίδευση του προσωπικού διαχείρισης MASS και τον αντίκτυπο εξωτερικών παραγόντων.

Αναλυτικά:

Φυσική Ασφάλεια των MASS

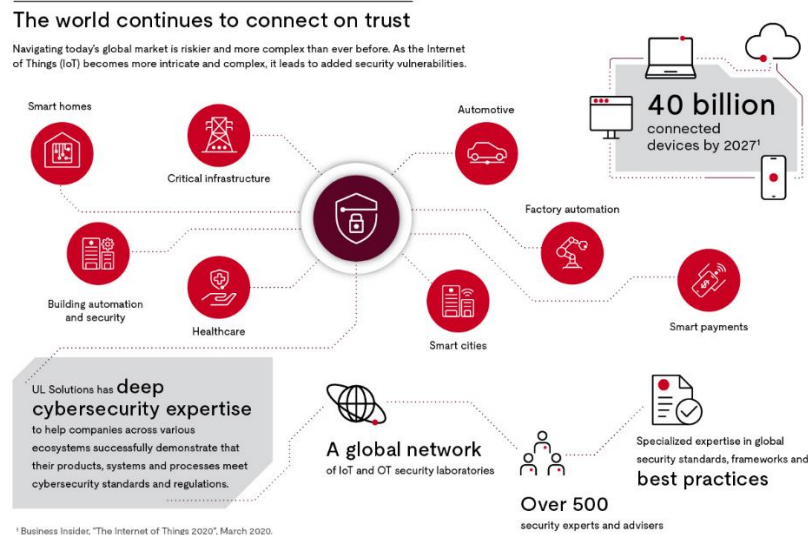
Η φυσική ασφάλεια είναι θεμελιώδης για την αξιοπιστία των MASS (Dreyer & Oltedal,2019). Οι αρχές μηχανικής και σχεδιασμού που εφαρμόζονται σε αυτά τα πλοία επηρεάζουν άμεσα την ικανότητά τους να αντέχουν στις σκληρές συνθήκες του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Η στιβαρή κατασκευή, η τήρηση των οδηγιών του νηογνώμονα και η συμμόρφωση με τα διεθνή πρότυπα ασφαλείας είναι ζωτικής σημασίας. Οι εκτιμήσεις για πλεονασμό στην πρόωση, τα συστήματα ισχύος και τα βασικά εξαρτήματα διασφαλίζουν συνεχή λειτουργικότητα ενόψει απρόβλεπτων προκλήσεων (Fan et al.,2020).

Ένα MASS πρέπει να είναι σχεδιασμένο για να πλέει σε ταραγμένη θάλασσα, αντίξοες καιρικές συνθήκες και να είναι ανθεκτικό σε πιθανές συγκρούσεις με άλλα σκάφη. Αυτό περιλαμβάνει όχι μόνο τη δομική ακεραιότητα του σκάφους αλλά και την ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών αισθητήρων για επίγνωση της κατάστασης σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στο σκάφος να προσαρμοστεί αποτελεσματικά στο περιβάλλον του (Dreyer & Oltedal,2019).

Cyber security

Στη σφαίρα των θαλάσσιων αυτόνομων πλοίων επιφανείας (MASS), η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών ανοίγει νέους ορίζοντες για αποτελεσματικότητα, ασφάλεια και επιχειρησιακές δυνατότητες. Ωστόσο, αυτές οι τεχνολογικές εξελίξεις προκαλούν επίσης μια κρίσιμη ανησυχία - την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο. Καθώς το MASS γίνεται πιο διαδεδομένο στη ναυτιλιακή βιομηχανία, η προστασία αυτών των αυτόνομων πλοίων από απειλές στον κυβερνοχώρο είναι επιτακτική ανάγκη για τη διασφάλιση της ακεραιότητας των λειτουργιών, των δεδομένων και της συνολικής θαλάσσιας ασφάλειας (Chang et al.,2021).

Η διασυνδεδεμένη φύση των MASS εισάγει ένα σύνθετο ψηφιακό τοπίο, όπου τα συστήματα επικοινωνίας, οι έλεγχοι πλοήγησης και η ανταλλαγή δεδομένων αποτελούν αναπόσπαστα στοιχεία. Αυτή η συνδεσιμότητα, ενώ ενισχύει τις επιχειρησιακές δυνατότητες, παρουσιάζει επίσης τρωτά σημεία που ενδέχεται να εκμεταλλευτούν κακόβουλοι παράγοντες. Η κυβερνοασφάλεια στο πλαίσιο των MASS περιλαμβάνει μια πολύπλευρη προσέγγιση, που αντιμετωπίζει διάφορες διαστάσεις πιθανών απειλών και κινδύνων (Dreyer & Oltedal, 2019).



Εικόνα 7: Μελλοντική Διασυνδεσιμότητα, Πηγή: <https://www.ul.com/services/portfolios/cybersecurity>

Το τοπίο της κυβερνοασφάλειας είναι δυναμικό, θέτοντας μια σημαντική πρόκληση για την αξιόπιστη λειτουργία των MASS. Καθώς τα πλοία διασυνδέονται όλο και περισσότερο, τα αποτελεσματικά μέτρα κυβερνοασφάλειας αποκτούν κυριαρχική σημασία. Το κεφάλαιο διερευνά τις πιθανές ευπάθειες στα συστήματα MASS, από τους ελέγχους πλοήγησης έως τα συστήματα επικοινωνίας. Τονίζει την ανάγκη για πρωτόκολλα κρυπτογράφησης, ασφαλή αποθήκευση μεγάλων δεδομένων (big data) και συστήματα ανίχνευσης εισβολών για την αποτροπή απειλών στον κυβερνοχώρο. Η ιδέα των σχεδίων "ανθεκτικά στο hack" είναι κρίσιμης σημασίας — τα συστήματα όχι μόνο πρέπει να αμυνθούν αλλά και να είναι ικανά για γρήγορη ανάκαμψη σε περίπτωση επίθεσης. Η παγκόσμια συνεργασία είναι το κλειδί για τη θέσπιση προτύπων κυβερνοασφάλειας που διασφαλίζουν την ακεραιότητα και την αξιοπιστία των MASS σε παγκόσμια κλίμακα. Το κεφάλαιο εξετάζει επίσης τη σημασία των συνεχών ενημερώσεων (updates) και επιδιορθώσεων για την αντιμετώπιση αναδυόμενων απειλών και τρωτών σημείων. Αναλυτικά:

1. Τοπίο απειλών και κίνδυνοι:

Το τοπίο απειλών για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο MASS είναι ποικίλο, που κυμαίνεται από κακόβουλες επιθέσεις που στοχεύουν στη διακοπή λειτουργίας των πλοίων έως μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση που διακυβεύει ευαίσθητα δεδομένα (Goerlandt,2020). Οι απειλές στον κυβερνοχώρο μπορεί να εκδηλωθούν ως επιθέσεις ransomware, περιστατικά άρνησης υπηρεσίας ή ακόμα και παραβίαση συστημάτων πλοήγησης (Kavallieratos et al.,2019). Οι πιθανές συνέπειες περιλαμβάνουν όχι μόνο οικονομικές απώλειες αλλά και περιβαλλοντικές επιπτώσεις και για τη συνολική σταθερότητα των θαλάσσιων επιχειρήσεων.

2. Ασφαλή Συστήματα Επικοινωνίας:

Δεδομένης της εξάρτησης του MASS για συνεχή επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο για πλοήγηση, συντονισμό και ανταλλαγή δεδομένων, η διασφάλιση της ασφάλειας των συστημάτων επικοινωνίας είναι πρωταρχικής σημασίας. Τα πρωτόκολλα κρυπτογράφησης, τα ασφαλή κανάλια και οι ισχυροί μηχανισμοί ελέγχου ταυτότητας είναι βασικά στοιχεία μιας στρατηγικής κυβερνοασφάλειας για το MASS (Cho et al.,2022). Με την προστασία των οδών επικοινωνίας, ο κίνδυνος μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης και χειραγώγησης δεδομένων μπορεί να μετριαστεί σημαντικά.

3. Ακεραιότητα και προστασία δεδομένων:

Ένα MASS παράγει και βασίζεται σε τεράστιες ποσότητες δεδομένων για διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Η διασφάλιση της ακεραιότητας και της προστασίας αυτών των δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της λειτουργικότητας και της ασφάλειας των αυτόνομων σκαφών (Kavallieratos et al.,2019). Τα μέτρα κυβερνοασφάλειας περιλαμβάνουν την εφαρμογή ασφαλούς αποθήκευσης δεδομένων, ελέγχων πρόσβασης και μηχανισμών για τον εντοπισμό και την απόκριση σε ανωμαλίες που μπορεί να υποδηλώνουν εισβολή στον κυβερνοχώρο.

4. Προηγμένη ανίχνευση και απόκριση απειλών:

Τα προληπτικά μέτρα κυβερνοασφάλειας περιλαμβάνουν την εφαρμογή προηγμένων συστημάτων ανίχνευσης απειλών (Kavallieratos et al.,2019). Οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης μπορούν να αναλύσουν μοτίβα, να εντοπίσουν ανωμαλίες και να εντοπίσουν πιθανές απειλές στον κυβερνοχώρο σε πραγματικό χρόνο (Goerlandt,2020). Ζωτικής σημασίας είναι ένας μηχανισμός ταχείας και αποτελεσματικής απόκρισης, ο οποίος θα περιλαμβάνει πρωτόκολλα για την απομόνωση των επηρεαζόμενων συστημάτων, την έναρξη αντιμέτρων για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο και τη συνεργασία με τις αρμόδιες αρχές.

5. Διεθνής Συνεργασία και Πρότυπα:

Δεδομένης της παγκόσμιας φύσης των ναυτιλιακών επιχειρήσεων, η διεθνής συνεργασία και η θέσπιση προτύπων ασφάλειας στον κυβερνοχώρο είναι ουσιαστικής σημασίας. Οργανισμοί όπως ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην ανάπτυξη κατευθυντήριων γραμμών και πλαισίων που προωθούν μια ενοποιημένη προσέγγιση για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο των MASS. Οι τυποποιημένες πρακτικές διασφαλίζουν ότι τα πλοία, ανεξάρτητα από την προέλευσή τους, τηρούν αναγνωρισμένα πρωτόκολλα κυβερνοασφάλειας, ενισχύοντας ένα ασφαλές και συνεκτικό θαλάσσιο οικοσύστημα.

Καθώς η ναυτιλιακή βιομηχανία μεταβαίνει σε μια εποχή όπου τα αυτόνομα πλοία πρόκειται να διαδραματίσουν κεντρικό ρόλο, η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο θα πρέπει να είναι υψίστης σημασίας (Goerlandt,2020). Οι συνέπειες μιας παραβίασης της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο εκτείνονται πέρα από τις οικονομικές απώλειες, και δύναται να συμπεριλάβουν πιθανές περιβαλλοντικές καταστροφές και απειλές για την ανθρώπινη ασφάλεια. Αναγνωρίζοντας τη σημασία αυτού του ζητήματος, οι ενδιαφερόμενοι φορείς του κλάδου, οι κυβερνήσεις και οι ειδικοί στον κυβερνοχώρο πρέπει να συνεργαστούν για να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν ισχυρές στρατηγικές κυβερνοασφάλειας που θα προστατεύουν την ψηφιακή ακεραιότητα των MASS.

Συμπερασματικά, ενώ το MASS προσφέρει άνευ προηγουμένου ευκαιρίες για τη ναυτιλιακή βιομηχανία, οι κίνδυνοι που συνδέονται με την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο

απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή και ισχυρά προληπτικά μέτρα. Με την ενσωμάτωση ασφαλών πρωτοκόλλων επικοινωνίας, την προστασία της ακεραιότητας των δεδομένων, τη χρήση προηγμένης ανίχνευσης απειλών και την προώθηση της διεθνούς συνεργασίας, η ναυτιλιακή κοινότητα μπορεί να πλεύσει βαθιά στις "ψηφιακές θάλασσες" με σχετική σιγουριά, διασφαλίζοντας υπεύθυνη και ασφαλή ενσωμάτωση των θαλάσσιων αυτόνομων πλοίων επιφανείας στο παγκόσμιο θαλάσσιο τοπίο.

Εκπαίδευση προσωπικού διαχείρισης των MASS

Ενώ τα MASS λειτουργούν αυτόνομα, η ανθρώπινη εποπτεία και παρέμβαση παραμένουν απαραίτητες. Η εκπαίδευση του προσωπικού διαχείρισης MASS είναι μια κρίσιμη πτυχή για τη διασφάλιση αξιόπιστων λειτουργιών. Αυτό περιλαμβάνει τη μετάδοση τεχνικής επάρκειας, επίγνωσης της κατάστασης και δεξιοτήτων λήψης αποφάσεων. Τα προσομοιωμένα περιβάλλοντα εκπαίδευσης, που χρησιμοποιούν εικονική πραγματικότητα και προηγμένες τεχνολογίες προσομοίωσης, παρέχουν πρακτική εμπειρία στη διαχείριση διαφόρων σεναρίων. Είναι σημαντική η ανάπτυξη προγραμμάτων κατάρτισης που προσομοιώνουν τις προκλήσεις του πραγματικού κόσμου, επιτρέποντας στους χειριστές να ανταποκρίνονται αποτελεσματικά σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης και απροσδόκητα γεγονότα. Η συνεχής εκπαίδευση και οι διαδικασίες πιστοποίησης είναι απαραίτητες για τη διατήρηση του προσωπικού διαχείρισης των MASS ενήμερο για τις τεχνολογικές εξελίξεις και τα εξελισσόμενα επιχειρησιακά σενάρια (Karvonen & Martio, 2019).

Εξωτερικοί παράγοντες επίδρασης κατά τη χρήση των MASS

Οι λειτουργίες των MASS επηρεάζονται από πάρα πολλούς εξωτερικούς παράγοντες οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν την αξιοπιστία τους. Οι καιρικές συνθήκες, οι θαλάσσιοι κανονισμοί και η παρουσία άλλων σκαφών είναι δυναμικά στοιχεία που απαιτούν προσαρμοστικές στρατηγικές (Xu et al., 2023). Οι προηγμένες τεχνολογίες αισθητήρων για την πρόβλεψη του καιρού συμβάλλουν στην ικανότητα του σκάφους να πλοηγείται με ασφάλεια στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Τα συστήματα επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο και οι τεχνολογίες αποφυγής σύγκρουσης είναι ζωτικής σημασίας σε πλωτές οδούς με μεγάλη κίνηση, διασφαλίζοντας την αξιοπιστία των MASS σε πολυσύχναστα θαλάσσια περιβάλλοντα.

Οι συνεργασίες με ρυθμιστικούς φορείς είναι ζωτικής σημασίας για την ένταξή τους στους εξελισσόμενους θαλάσσιους κανονισμούς και το κεφάλαιο διερευνά στρατηγικές για την πρόβλεψη και την προσαρμογή σε εξωτερικούς παράγοντες, τοποθετώντας τη MASS ως προσαρμοστικούς και ανθεκτικούς συντελεστές στο θαλάσσιο οικοσύστημα.

Αυτή η ολοκληρωμένη εξέταση των διαστάσεων αξιοπιστίας των MASS υπογραμμίζει την περίπλοκη ισορροπία που απαιτείται για την επιτυχή ένταξή τους στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Καθώς προχωράμε στα επόμενα κεφάλαια, η εστίαση θα μετατοπιστεί στην κατανόηση των επιπτώσεων και των ευεργετικών επιπτώσεων των MASS, των νομικών πλαισίων που διέπουν τις δραστηριότητές τους και των αναμενόμενων μελλοντικών εξελίξεων στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

5. Επιπτώσεις, ευεργετικά αποτελέσματα, προκλήσεις & Case Studies - Περιβαλλοντικές επιδράσεις (GHG)

Τα θαλάσσια αυτόνομα πλοία επιφανείας (MASS) αντιπροσωπεύουν μια μεταμορφωτική δύναμη στη ναυτιλιακή βιομηχανία, με τη δυνατότητα να αποφέρουν εκτεταμένα αποτελέσματα και ευεργετικές επιπτώσεις. Αυτό το κεφάλαιο διερευνά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ιδιαίτερα στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG), βελτιώσεις ασφάλειας, οικονομικούς παράγοντες και άλλες θετικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την ενσωμάτωση των MASS στις θαλάσσιες δραστηριότητες.

5.1 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Μία από τις πιο πιεστικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι η μεγάλη συμβολή της στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και στην κλιματική αλλαγή (Björk, 2021). Τα MASS παρουσιάζουν μια πολλά υποσχόμενη λύση για τον μετριασμό αυτού του αντίκτυπου. Η αυτόνομη λειτουργία των σκαφών επιτρέπει βελτιστοποίηση στο σχεδιασμό διαδρομής, ακριβή πλοήγηση και αποτελεσματικό έλεγχο της ταχύτητας, με αποτέλεσμα τη μειωμένη κατανάλωση καυσίμου.

Αυτό, με τη σειρά του, οδηγεί σε μείωση των εκπομπών ρύπων, συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), του διοξειδίου του θείου (SO₂) και των οξειδίων του αζώτου

(NOx). Καθώς η βιομηχανία κινείται προς τους στόχους βιωσιμότητας που περιγράφονται από διεθνείς φορείς όπως ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO), τα MASS διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη χαμηλότερων αποτυπωμάτων άνθρακα και στην ευθυγράμμιση με τους παγκόσμιους περιβαλλοντικούς στόχους.

5.2 Βελτιώσεις ασφάλειας

Η ασφάλεια αποτελεί πρωταρχικό μέλημα στις θαλάσσιες δραστηριότητες και τα MASS έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν σημαντικά τα πρότυπα ασφάλειας. Η εξάλειψη του πληρώματος επί του σκάφους ελαχιστοποιεί τους κινδύνους που σχετίζονται με ανθρώπινο λάθος, κόπωση και ατυχήματα (Chong,2018). Τα MASS έχουν σχεδιαστεί με προηγμένες τεχνολογίες αισθητήρων, όπως LiDAR (Light Detection and Ranging), ραντάρ και κάμερες, παρέχοντας ένα άνευ προηγουμένου επίπεδο επίγνωσης της κατάστασης. Αυτοί οι αισθητήρες επιτρέπουν στα σκάφη να ανιχνεύουν εμπόδια, άλλα σκάφη και περιβαλλοντικές συνθήκες με ακρίβεια, μειώνοντας την πιθανότητα συγκρούσεων και ατυχημάτων. Η αυτόνομη φύση των MASS τους επιτρέπει επίσης να λειτουργούν σε επικίνδυνες συνθήκες ή περιοχές χωρίς να κινδυνεύουν ανθρώπινες ζωές, καθιστώντας τα ιδανικά για εργασίες σε ακραία περιβάλλοντα.

5.3 Οικονομικά ζητήματα

Ενώ η αρχική επένδυση στην υιοθέτηση της τεχνολογίας MASS μπορεί να είναι σημαντική, οι μακροπρόθεσμες οικονομικές εκτιμήσεις είναι ελπιδοφόρες. Τα κέρδη απόδοσης, η μειωμένη κατανάλωση καυσίμου και το χαμηλότερο λειτουργικό κόστος συμβάλλουν σε σημαντικά οικονομικά οφέλη (Björk,2021). Τα MASS είναι ικανά για συνεχή λειτουργία χωρίς τους περιορισμούς των περιόδων ανάπαυσης του πληρώματος, επιτρέποντας τον βελτιστοποιημένο σχεδιασμό του ταξιδιού και τον ελαχιστοποιημένο χρόνο διακοπής λειτουργίας. Επιπλέον, η μείωση των ατυχημάτων και των σχετικών υποχρεώσεων μπορεί να οδηγήσει σε χαμηλότερο ασφαλιστικό κόστος. Καθώς η τεχνολογία ωριμάζει και γίνεται πιο διαδεδομένη, οι οικονομίες κλίμακας αναμένεται να μειώσουν το κόστος της MASS, καθιστώντας τις πιο οικονομικά βιώσιμες για ένα ευρύτερο φάσμα ναυτιλιακών εταιρειών.

5.4 Άλλες θετικές επιδράσεις

Πέρα από τα περιβαλλοντικά ζητήματα και την ασφάλεια, η ενσωμάτωση των MASS επιφέρει μια σειρά από πρόσθετα θετικά αποτελέσματα. Αυτά περιλαμβάνουν ενδεικτικά (Björk,2021; Tsvetkova & Hellström,2022):

- **Λειτουργική Αποδοτικότητα:** Το MASS μπορεί να βελτιστοποιήσει τον προγραμματισμό διαδρομής, να προσαρμόσει τις ταχύτητες με βάση δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να εξορθολογίσει τις διαδικασίες διακίνησης φορτίου, συμβάλλοντας στη συνολική λειτουργική απόδοση.
- **Απομακρυσμένη παρακολούθηση και συντήρηση:** Η δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης και συντήρησης MASS μειώνει την ανάγκη για φυσικές επιθεωρήσεις και επισκευές, ελαχιστοποιώντας το χρόνο διακοπής λειτουργίας και το σχετικό κόστος.
- **Ευελιξία στην κατανομή εργασιών:** Το MASS μπορεί να σχεδιαστεί για συγκεκριμένες εργασίες, επιτρέποντας προσαρμοσμένα πλοία που πληρούν τις μοναδικές απαιτήσεις διαφορετικών βιομηχανιών, από την έρευνα έως τη ναυτιλία.

5.5 Προκλήσεις και προβληματισμοί

Παρά τα πολλά υποσχόμενα οφέλη, η ενσωμάτωση των MASS δεν είναι χωρίς προκλήσεις. Η μετάβαση περιλαμβάνει τεχνολογικούς, ρυθμιστικούς και κοινωνικούς προβληματισμούς (Kim,& Schröder-Hinrichs.2021). Οι κίνδυνοι για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, η αντίληψη του κοινού, τα ρυθμιστικά πλαίσια και η ανάγκη για διεθνή πρότυπα είναι τομείς που απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή.

5.6 Μελέτες περίπτωσης και εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο

Το κεφάλαιο διερευνά επίσης μελέτες περιπτώσεων και πραγματικές εφαρμογές των MASS σε διάφορους τομείς της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Αυτά τα παραδείγματα παρέχουν πρακτικές γνώσεις για τα οφέλη και τις προκλήσεις που αντιμετώπισαν οι πρώτοι χρήστες, ρίχνοντας φως στα διδάγματα που αντλήθηκαν και στις βέλτιστες πρακτικές για μελλοντικές εφαρμογές.

5.6.1. Mayflower Autonomous Ship

Το Mayflower Autonomous Ship (MAS) χρησιμεύει ως υποδειγματική μελέτη περίπτωσης στην ανάπτυξη των MASS για μακράς διάρκειας και υπερωκεάνιες αποστολές. Ξεκίνησε ως ένα έργο συνεργασίας μεταξύ του οργανισμού θαλάσσιων ερευνών ProMare και των εταιρειών τεχνολογίας IBM και Promare, το MAS ξεκίνησε ένα ιστορικό ταξίδι πέρα από τον Ατλαντικό το 2021 (IBM,2021). Εξοπλισμένο με τεχνητή νοημοσύνη (AI), ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και μια σουίτα προηγμένων αισθητήρων, το MAS παρουσίασε τις δυνατότητες για αυτόνομα πλοία στην έρευνα και την εξερεύνηση.

Το ταξίδι του MAS δεν ήταν απλώς μια επίδειξη τεχνολογικής ικανότητας, αλλά και μια απόδειξη της αξιοπιστίας των MASS στην αντιμετώπιση των προκλήσεων της ναυσιπλοΐας ανοιχτής θάλασσας. Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης του σκάφους, που αναπτύχθηκαν από την IBM, επέδειξαν προσαρμοστικές δυνατότητες λήψης αποφάσεων, προσαρμογής πορείας με βάση δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για τις καιρικές συνθήκες, τις διαδρομές ναυτιλίας και τα πιθανά εμπόδια (Mayflower,n.d.). Η επιτυχία της αποστολής MAS ανέδειξε τη σκοπιμότητα χρήσης της MASS για επιστημονική έρευνα, περιβαλλοντική παρακολούθηση και συλλογή δεδομένων σε απομακρυσμένα και δύσκολα θαλάσσια περιβάλλοντα.



Εικόνα 8: Αυτόνομο πλοίο Mayflower , Πηγή: <https://www.offshore-energy.biz/mayflower-autonomous-ship-set-to-be-launched-next-week/>

5.6.2: YARA Birkeland: Επανάσταση στις θαλάσσιες μεταφορές στη Νορβηγία

Το YARA Birkeland αντιπροσωπεύει μια αλλαγή παραδείγματος στη σφαίρα της εμπορικής ναυτιλίας. Αυτό το νορβηγικό πλοίο, που αναπτύχθηκε σε συνεργασία μεταξύ των YARA,

KONGSBERG και SINTEF, στοχεύει να είναι το πρώτο πλήρως ηλεκτρικό και αυτόνομο πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο (Kongsberg, n.d.). Το YARA Birkeland έχει σχεδιαστεί για θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων και θα μεταφέρει λιπάσματα από το εργοστάσιο παραγωγής της YARA στα κοντινά λιμάνια. Το πλοίο πρόκειται να αντικαταστήσει τα παραδοσιακά επανδρωμένα φορτηγά πλοία, προσφέροντας μια βιώσιμη και οικονομικά αποδοτική λύση για τη μεταφορά εμπορευμάτων.

Αυτή η μελέτη περίπτωσης απεικονίζει τα πιθανά οικονομικά οφέλη των MASS στην εμπορική ναυτιλία. Εξαλείφοντας την ανάγκη για πλήρωμα επί του σκάφους, το YARA Birkeland στοχεύει να μειώσει το λειτουργικό κόστος, να αυξήσει την ενεργειακή απόδοση και να συμβάλει στη σημαντική μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Yara,2017). Το έργο παρουσιάζει την επεκτασιμότητα των MASS για συγκεκριμένες ναυτιλιακές διαδρομές και υπογραμμίζει τη συνεργασία μεταξύ της βιομηχανίας και των παρόχων τεχνολογίας για να πρωτοπορήσουν καινοτόμες λύσεις στις θαλάσσιες μεταφορές.

5.6.3: Sea Machines: Αυτόνομος Έλεγχος για Σκάφη Εργασίας

Η Sea Machines, μια εταιρεία ναυτιλιακής τεχνολογίας με έδρα τη Βοστώνη, βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της ανάπτυξης αυτόνομων τεχνολογιών για σκάφη εργασίας. Τα συστήματά τους επιτρέπουν στα υπάρχοντα σκάφη να λειτουργούν αυτόνομα ή σε συνεργασία με ανθρώπινο πλήρωμα (Wright,2020). Αυτή η μελέτη περίπτωσης καταδεικνύει τις δυνατότητες μετασκευής των MASS, καθιστώντας το εφαρμόσιμο όχι μόνο σε νέα σκάφη αλλά και στον υπάρχοντα θαλάσσιο στόλο.

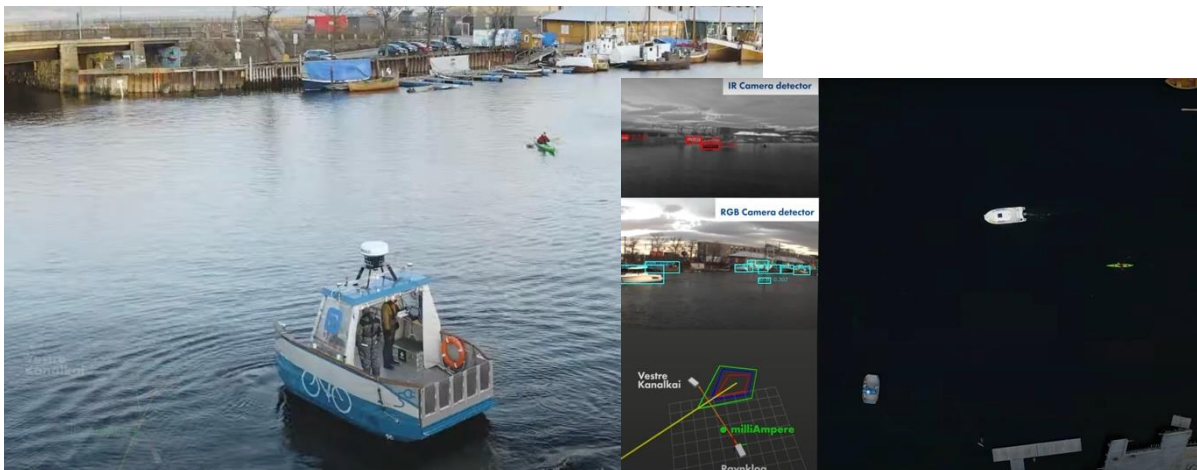


Εικόνα 9: SM300 prototype AI, Πηγή: <https://venturebeat.com/ai/sea-machines-raises-15-million-for-its-autonomous-ship-navigation-technology/>

Τα συστήματα αυτόνομου ελέγχου της Sea Machines έχουν αναπτυχθεί σε διάφορες εφαρμογές σκαφών εργασίας, συμπεριλαμβανομένων των αποστολών αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων, συνοδείας στο λιμάνι και αποστολών έρευνας - διάσωσης. Αυτές οι εφαρμογές επιδεικνύουν την ευελιξία των MASS στην αύξηση - ενίσχυση των ανθρώπινων δυνατοτήτων, στη βελτίωση της επιχειρησιακής απόδοσης και στην ενίσχυση της ασφάλειας σε δύσκολα θαλάσσια περιβάλλοντα. Η επιτυχία της Sea Machines έγκειται στο γεγονός ότι με την ενσωμάτωση των MASS σε διάφορες θαλάσσιες επιχειρήσεις προσφέρει σταδιακή πρόοδο στην αυτονομία σε συγκεκριμένες εργασίες.

5.6.4: Τα αυτόνομα πορθμεία Kongsberg στη Νορβηγία

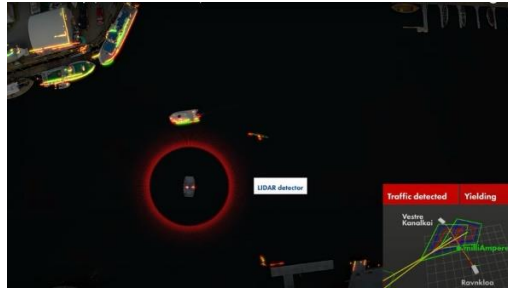
Η Kongsberg, κορυφαίος πάροχος τεχνολογικών συστημάτων για τη ναυτιλιακή βιομηχανία, έχει συμμετάσχει ενεργά στην ανάπτυξη αυτόνομων πορθμείων στη Νορβηγία (Yara,2017). Το έργο αυτόνομου πορθμείου, γνωστό ως «Milliampère», δραστηριοποιείται στα στενά και υπερφορτωμένα νερά του φιόρδ του Τρόντχαϊμ. Αυτή η μελέτη περίπτωσης αποτελεί παράδειγμα της ανάπτυξης των MASS στις μεταφορές επιβατών, λαμβάνοντας υπόψη ζητήματα ασφάλειας και αποτελεσματικότητας.



Εικόνα 10: Αυτόνομο επιβατηγό σκάφος στα στενά φιόρδ του Τρόντχαϊμ (ASV milliAmpere) Πηγή:

<https://www.youtube.com/watch?v=Ry3-yxVaDuE>

Τα αυτόνομα πορθμεία χρησιμοποιούν προηγμένα συστήματα αισθητήρων, συμπεριλαμβανομένων lidar και ραντάρ, για να πλοηγούνται σε θαλάσσια δρομολόγια με υψηλή κίνηση, αποφεύγοντας συγκρούσεις και διασφαλίζοντας την ασφάλεια των επιβατών



Εικόνα 11: Εντοπισμός εμποδίου από το αυτόνομο επιβατηγό milliAmpere Πηγή:

<https://www.youtube.com/watch?v=Ry3-yxVaDuE>

και άλλων πλοίων. Η συγκεκριμένη εφαρμογή των MASS πρόκειται να φέρει επανάσταση στις μεταφορές μικρών αποστάσεων, προσφέροντας βιώσιμες και αποτελεσματικές εναλλακτικές λύσεις στις παραδοσιακές υπηρεσίες πορθμείων (Konsberg, n.d.). Η επιτυχία του έργου του αυτόνομου πορθμείου υπογραμμίζει την προσαρμοστικότητα των MASS σε διαφορετικά θαλάσσια περιβάλλοντα και τις δυνατότητές του να επαναπροσδιορίσει τις θαλάσσιες συγκοινωνίες (Δημόσιες – Ιδιωτικές).

5.6.5: Αυτόνομη Επιθεώρηση και Συντήρηση με την ASV Global

Η ASV Global (πλέον γνωστή με το όνομα L3 Harris ASV), ένας κορυφαίος κατασκευαστής αυτόνομων σκαφών επιφανείας, έχει συμβάλει καθοριστικά στην ανάπτυξη των MASS για εργασίες επιθεώρησης και συντήρησης (L3 Harris, n.d.). Τα αυτόνομα οχήματα επιφανείας τους (ASV) έχουν σχεδιαστεί για να επιθεωρούν αυτόνομα κρίσιμες θαλάσσιες υποδομές, συμπεριλαμβανομένων των υπεράκτιων πλατφορμών πετρελαίου, φυσικού αερίου και εγκαταστάσεων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτή η μελέτη περίπτωσης καταδεικνύει την εφαρμογή των MASS στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της ασφάλειας των εργασιών επιθεώρησης σε απομακρυσμένα και δύσκολα υπεράκτια περιβάλλοντα.



Εικόνα 12: USV C-Worker 4, Πηγή:<https://www.unmannedsystemstechnology.com/company/autonomous-surface-vehicles-ltd/c-worker-4-autonomous-surface-vehicle-asv/>

Τα ASV της ASV Global είναι εξοπλισμένα με προηγμένους αισθητήρες, που τους επιτρέπουν να συλλέγουν δεδομένα υψηλής ποιότητας για δομικές αξιολογήσεις, περιβαλλοντική παρακολούθηση και σχεδιασμό συντήρησης. Οι αυτόνομες δυνατότητες επιθεώρησης μειώνουν την ανάγκη για δύτες σε επικίνδυνες συνθήκες, ελαχιστοποιώντας το ρίσκο κινδύνου για κάποιο ατύχημα. Επίσης διασφαλίζουν την αξιοπιστία των εργασιών επιθεώρησης και εξοικονομούν χρήματα από τον έγκαιρο εντοπισμό πιθανών δομικών αστοχιών – ζημιών σε συνδυασμό με την μείωση του χρόνου εκτέλεσης εργασιών. Αυτή η εφαρμογή των MASS επίκειται να φέρει επανάσταση στις εργασίες συντήρησης και επιθεώρησης ρουτίνας, συμβάλλοντας στη συνολική ασφάλεια και βιωσιμότητα των θαλάσσιων υποδομών. Αυτές οι μελέτες προσφέρουν μια ματιά στις ποικίλες πραγματικές εφαρμογές των θαλάσσιων αυτόνομων πλοίων επιφανείας, επιδεικνύοντας την προσαρμοστικότητά τους σε διάφορους τομείς της ναυτιλιακής βιομηχανίας.

Από τις ερευνητικές αποστολές και την εμπορική ναυτιλία μέχρι τα πλοία εργασίας, τα πορθμεία και την επιθεώρηση υποδομής, τα MASS αποδεικνύονται ως μία επανάσταση στο μέλλον των ναυτιλιακών επιχειρήσεων.

5.7 Μελλοντικές τάσεις και πιθανές καινοτομίες

Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, οι μελλοντικές τάσεις και οι πιθανές καινοτομίες των MASS προκαλούν προόδους στην τεχνητή νοημοσύνη, τις τεχνολογίες αισθητήρων, τα

συστήματα επικοινωνίας, καθώς και την ενσωμάτωση των MASS με άλλες αναδυόμενες τεχνολογίες, όπως το blockchain για ασφαλή διαχείριση δεδομένων.

Η ενσωμάτωση των Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) στη ναυτιλιακή βιομηχανία πρόκειται να δει πολλές τεχνολογικές εξελίξεις οι οποίες συνεχώς θα αλλάζουν τα δεδομένα χρήσης – αξιολόγησης αυτών. Αυτό το κεφάλαιο εμβαθύνει στις τεχνολογικές πτυχές των MASS, διερευνώντας την τροχιά των προόδων και των καινοτομιών που μπορεί να διαμορφώσουν το μέλλον της αυτόνομης ναυτιλίας.

Ένας από τους βασικούς πυλώνες σχεδίασης των MASS είναι η συνεχής πρόοδος των τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης (AI:Artificial Intelligence) και μηχανικής μάθησης (ML:Machine Learning). Καθώς οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης γίνονται πιο εξελιγμένοι, τα MASS εξελίσσονται και παρουσιάζουν βελτιωμένες δυνατότητες λήψης αποφάσεων, επιτρέποντας στα σκάφη να προσαρμοστούν σε δυναμικά και πολύπλοκα - σύνθετα θαλάσσια περιβάλλοντα (Ye,2023). Οι προγνωστικές αναλύσεις και οι αλγόριθμοι εκμάθησης ,συμβάλλοντας σε ασφαλέστερες και πιο αποτελεσματικές αυτόνομες λειτουργίες, θα διαδραματίσουν κεντρικό ρόλο στη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού διαδρομής (safe sea routing), της πρόβλεψης καιρού και της αποφυγής σύγκρουσης.

Το μέλλον των MASS έγκειται στην ενσωμάτωσή του με αναδυόμενες τεχνολογίες που θα ενισχύσουν τις δυνατότητές τους. Η τεχνολογία blockchain, για παράδειγμα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση της ασφάλειας και της διαφάνειας της ανταλλαγής δεδομένων εντός του θαλάσσιου οικοσυστήματος. Με την τεχνολογία blockchain, η εμπιστοσύνη που μέχρι τώρα υπήρχε λόγω μιας συμβατικής σχέσης δημιουργείται λόγω του κατακευματισμένου και ασφαλούς τρόπου αποθήκευσης, διαχείρισης και ανταλλαγής πληροφορίας και διενέργειας ηλεκτρονικών συναλλαγών.

Πραγματοποιείται μια νέα αλλαγή σε όλα τα υφιστάμενα οικονομικά και επιχειρησιακά μοντέλα που καθημερινά όλοι μας χρησιμοποιούμε. Η τεχνολογία blockchain μπορεί να βρεί εφαρμογή σε μια σειρά από κλάδους της οικονομίας και κοινωνίας. Υπολογίζεται ότι η επιχειρηματική αξία του Blockchain θα φτάσει τα 176\$ δισεκατομύρια μέχρι το 2025. (Hellenic Blockchain Hub)

Το Blockchain είναι ένας κατακευματισμένος λογιστικός κατάλογος (distributed ledger), δημόσιος ή ιδιωτικός, στον οποίο συναλλαγές ή δεδομένα συνδέονται μεταξύ τους σε συνδεδεμένα μπλοκ δεδομένων καθιστώντας τα πρακτικά αμετάβλητα και αδιαμφισβήτητα

από όλους τους κατακεντρωμένους κόμβους (Nodes) στους οποίους έχει γίνει η ενημέρωση του καταλόγου.

Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνουμε την διανομή και ενημέρωση όλων των κόμβων (nodes) με το τελευταίο αντίγραφο των μπλοκ καθώς επίσης και την ασφάλεια των δεδομένων από αλλαγές και αμφισβητήσεις.

Κάθε μπλοκ συνδέεται κρυπτογραφικά και υπογράφεται ψηφιακά από κάθε κόμβο με το προηγούμενο του και μια οποιαδήποτε προσπάθεια αλλαγής των δεδομένων ενός μπλοκ θα ήταν αδύνατη καθώς δεν θα μπορούσε να επιβεβαιωθεί κρυπτογραφικά από κανένα κόμβο στο σύνολο τους.



Εικόνα 13: Εφαρμογές Blockchain ,Πηγή: <https://www.blockchain.org.gr/home/mathe/>

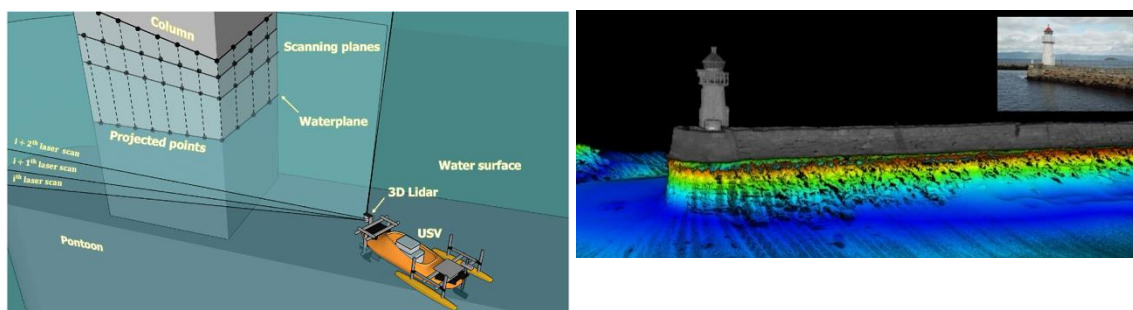
Τα αποκεντρωμένα και ανθεκτικά σε παραβιάσεις λογιστικά συστήματα θα μπορούσαν να εξορθολογήσουν τα logistics, να μειώσουν το ενδεχόμενο απάτης και να ενισχύσουν την εμπιστοσύνη μεταξύ των ενδιαφερομένων.

Επιπλέον, η ενσωμάτωση συσκευών Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT: Internet of Things) θα μπορούσε να παρέχει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για την απόδοση του σκάφους, επιτρέποντας την πρόβλεψη συντήρησης και τη βελτιστοποίηση της λειτουργικής απόδοσης.



Εικόνα 14: Internet of things, Πηγή: <https://bigblue.academy/gr/internet-of-things-iot>

Οι τεχνολογίες αισθητήρων βρίσκονται στο επίκεντρο της λειτουργικότητας των MASS και οι συνεχείς εξελίξεις σε αυτόν τον τομέα θα είναι καθοριστικές για τη διαμόρφωση του μέλλοντος της αυτόνομης ναυτιλίας. Τα συστήματα LiDAR και ραντάρ θα γίνουν πιο ακριβή και ικανά να παρέχουν δεδομένα υψηλής ανάλυσης για βελτιωμένη επίγνωση - εκτίμηση της κατάστασης (Iwanaga,2019).



Εικόνα 15: 3d Lidar, Πηγή: <https://bigblue.academy/gr/internet-of-things-iot>

Οι καινοτομίες στους ακουστικούς και υδροδυναμικούς αισθητήρες θα ενισχύσουν τις δυνατότητες υποβρύχιας ανίχνευσης, βελτιώνοντας περαιτέρω την αποφυγή σύγκρουσης και την πλοήγηση σε δυσμενείς θαλάσσιες συνθήκες.

Επίσης, η ανάπτυξη εξελιγμένων κέντρων απομακρυσμένης λειτουργίας θα είναι βασική τάση αλλά και ζωτικής σημασίας στο μέλλον των MASS. Αυτά τα κέντρα θα λειτουργήσουν ως κόμβοι διοίκησης, επιτρέποντας στους ανθρώπινους χειριστές να παρακολουθούν και να ελέγχουν πολλά αυτόνομα πλοία ταυτόχρονα. Τα προηγμένα συστήματα επικοινωνίας, σε

συνδυασμό με την τεχνητή νοημοσύνη, θα επιτρέψουν την συνεχή - ασφαλή επικοινωνία μεταξύ απομακρυσμένων χειριστών και MASS, διασφαλίζοντας υψηλό επίπεδο ελέγχου και παρέμβασης όταν χρειάζεται.



Εικόνα 16: USV Ground Control Station

Πηγή: <https://www.unmannedsystemstechnology.com/company/robosys-automation/usv-ground-control-station/>

Τα συστήματα διαχείρισης πλοίων θα διαδραματίσουν επίσης κρίσιμο ρόλο στη βελτιστοποίηση της ανάπτυξης MASS, διευκολύνοντας τον αποτελεσματικό συντονισμό και τη χρήση αυτόνομων σκαφών σε διάφορες θαλάσσιες δραστηριότητες (Coito,2021), όπως τις θαλάσσιες μεταφορές, πολεμικές επιχειρήσεις, επιχειρήσεις Έρευνας και Διάσωσης (SAR), παράκτια επιτήρηση (καταπολέμηση διακίνησης ναρκωτικών, ασφάλεια ναυσιπλοΐας)

Επιπλέον, το μέλλον των MASS είναι εγγενώς συνδεδεμένο με τη βιωσιμότητα και την ενεργειακή απόδοση (Li & Fung,2019). Οι καινοτομίες στα συστήματα πρόωσης, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης πιο αποδοτικής ηλεκτρικής και υβριδικής πρόωσης, θα συμβάλουν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ναυτιλίας. Ο ανταγωνισμός των ναυτιλιακών εταιριών εφόσον οδηγηθεί και στην σταδιακή χρήση των MASS από αυτές εκτιμάται θα συμβάλλει στην περαιτέρω αύξηση της χρήσης τους παγκοσμίως.

Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια θα ενισχύσει περαιτέρω τη βιωσιμότητα των λειτουργιών MASS.



Εικόνα 17: USV solar and wind power

Πηγή: <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/new-partnership-to-provide-usvs-for-marine-survey-67268>

Η έρευνα και η ανάπτυξη εναλλακτικών καυσίμων και τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας θα διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη μιας πιο φιλικής προς το περιβάλλον και βιώσιμης ναυτιλιακής βιομηχανίας.

Καθώς τα MASS γίνονται πιο διαδεδομένα στη ναυτιλιακή βιομηχανία, η ανάπτυξη παγκόσμιων ρυθμιστικών πλαισίων θα είναι ζωτικής σημασίας. Η τυποποίηση των πρωτοκόλλων ασφαλείας, των συστημάτων επικοινωνίας και των μέτρων κυβερνοασφάλειας θα εξασφαλίσει μια εναρμονισμένη προσέγγιση των επιχειρήσεων MASS σε διεθνή κλίμακα. Η συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερομένων του κλάδου, των κυβερνήσεων και των ρυθμιστικών φορέων θα είναι ουσιαστική για την ανάπτυξη πλαισίων που εξισορροπούν την καινοτομία με την ασφάλεια και το περιβάλλον.

Τα τελευταία χρόνια μετά το 2019 (Maritime Safety Committee, 101th session of June 2019), ο IMO έχει αναπτύξει κατευθυντήριες οδηγίες για την αξιολόγηση των κινδύνων που σχετίζονται με τη θαλάσσια ασφάλεια των αυτόνομων σκαφών ενταγμένων στο στρατηγικό του πλάνο 2018-2023 (Joint MSC/LEG/FAL Working Group on MASS (MASS-JWG) met in [September 2022](#) and [April 2023](#).). Το 2021 ο IMO διεξήγαγε μια ρυθμιστική άσκηση οριοθέτησης για τα αυτόνομα πλοία επιφανείας που σχεδιάστηκε για να αξιολογήσει τα υπάρχοντα μέσα του IMO για να δει πώς θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε πλοία που χρησιμοποιούν διαφορετικούς βαθμούς αυτοματισμού. Η άσκηση ρυθμιστικού πεδίου εφαρμογής (RSE: Regulatory Scoping Exercise) για τις συνθήκες ασφαλείας οριστικοποιήθηκε στην 103η σύνοδο του MSC τον Μάιο του 2021 και για τις συνθήκες υπό την αρμοδιότητα της Νομικής Επιτροπής, στην 108η σύνοδό της, τον Ιούλιο του 2021. Η Επιτροπή FAL ενέκρινε το αποτέλεσμα της RSE των συνθηκών υπό την αρμοδιότητα του στο FAL 46 τον Μάιο του 2022.

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οριοθέτησης και των εργασιών που ξεκίνησαν κατά την 105η σύνοδο του MSC, η 107η σύνοδος της Επιτροπής τον Ιούνιο του 2023 σημείωσε περαιτέρω πρόοδο στην ανάπτυξη ενός βασισμένου σε στόχους μέσου που ρυθμίζει τη λειτουργία των αυτόνομων θαλάσσιων πλοίων επιφανείας.

Συστάθηκε μια ομάδα εργασίας MASS για την πρόοδο των εργασιών σχετικά με τον Κώδικα MASS και για τον εντοπισμό ζητημάτων που σχετίζονται με τα μέσα που υπάγονται στην αρμοδιότητα της Νομικής Επιτροπής και της Επιτροπής Διευκόλυνσης. Αυτά θα εξεταστούν από την κοινή ομάδα εργασίας MSC/LEG/FAL για τη MASS .

Στόχος είναι η υιοθέτηση ενός μη υποχρεωτικού Κώδικα MASS βάσει στόχου που θα τεθεί σε ισχύ το 2025, ο οποίος θα αποτελέσει τη βάση για έναν υποχρεωτικό Κώδικα για τα MASS, ο οποίος αναμένεται να τεθεί σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2028.

Μια διεξοδική αναθεώρηση των κανονισμών είναι αναγκαία για τον προσδιορισμό των κινδύνων που ενδέχεται να προκύψουν από τη χρήση των MASS.

Μια άλλη πρόταση της πρωτοβουλίας e-Navigation του IMO είναι για το αυτόματο σύστημα αναγνώρισης (AIS) να επεκτείνει τη λειτουργία του σε πλοία στα οποία θα εμφανίζει επιπλέον τις προτεινόμενες διαδρομές τους προς το SCC ή άλλα κέντρα ελέγχου. Αυτή η υπηρεσία θα είναι αναμφίβολα ένα άλλο μεγάλο όφελος από την αλληλεπίδραση των πλοίων στην ανάπτυξη του AIC της μη επανδρωμένης ναυσιπλοΐας.

Προς το παρόν, ο IMO μπορεί να εξετάσει το ενδεχόμενο θέσπισης των ακόλουθων μέτρων: Παρόμοιο με το σύστημα διαχωρισμού της κυκλοφορίας που είχε οριστεί σε περιοχές πλοίων που μεταφέρουν εμπορευματοκιβώτια, ο IMO θα πρέπει να εξετάσει το ενδεχόμενο καθορισμού θαλάσσιων διαδρομών για τα μη επανδρωμένα σκάφη. Απαιτείται να θεσπιστεί για τα κράτη μέλη να καταχωρούν τις κύριες θαλάσσιες διαδρομές στις αποκλειστικές Οικονομικές ζώνες και την ανοικτή θάλασσα. Οι καθορισμένες θαλάσσιες διαδρομές θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά για μη επανδρωμένα σκάφη που διέρχονται από τη θαλάσσια ζώνη σύμφωνα με τους αναθεωρημένους κανονισμούς αποφυγής συγκρούσεως.

Επιπλέον, για την ασφαλή λειτουργία των μη επανδρωμένων σκαφών, ειδικοί κανόνες και κανονισμοί πρέπει να εισαχθούν τόσο για κίνηση στην επιφάνεια αλλά και υπό αυτή.

Προβλέπεται ότι η μελλοντική δομή της χρήσης των μη επανδρωμένων σκαφών θα σχεδιαστεί για να καλύπτει την επιφανειακή αλλά και υποβρύχια πλοήγηση. Χρησιμοποιώντας την μπαταρία ως μέσο πρόωσης, πιστεύεται ότι το μη επανδρωμένο σκάφος πρέπει να είναι απαλλαγμένο από οποιαδήποτε εκπομπή και να συμβάλλει στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο περιβάλλον.

Η αποδοχή των MASS από το ευρύ κοινό και τους φορείς της ναυτιλίας αποτελεί βασικό παράγοντα για την επιτυχή ένταξή τους. Η αντιμετώπιση των ανησυχιών που σχετίζονται με την φυσική ασφάλεια, την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο και την πιθανή μετατόπιση θέσεων εργασίας λόγω αυτοματοποίησης θα είναι ζωτικής σημασίας. Τα προγράμματα εκπαίδευσης και προβολής που υπογραμμίζουν τα οφέλη των MASS, συμπεριλαμβανομένων των βελτιώσεων στην ασφάλεια, της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και της οικονομικής

απόδοσης, θα διαδραματίσουν κρίσιμο ρόλο στη διαμόρφωση της θετικής αντίληψης και αποδοχής του κοινού.

Το μέλλον των MASS μπορεί να περιλαμβάνει υβριδικά μοντέλα που ενσωματώνουν τόσο αυτόνομες όσο και λειτουργίες ανθρώπινης παρέμβασης. Ορισμένες εργασίες μπορεί να απαιτούν ακόμη τον ανθρώπινο έλεγχο, ειδικά σε περίπλοκα και απρόβλεπτα σενάρια. Ο συνδυασμός αυτόνομων τεχνολογιών με την φυσική παρουσία του πληρώματος στα πλοία, μπορεί να προσφέρει μια σταδιακή προσέγγιση για την υιοθέτηση των MASS, επιτρέποντας μια σταδιακή μετάβαση και αντιμετώπιση ανησυχιών που σχετίζονται με την εμπιστοσύνη και την αξιοπιστία.

5.8 Προοπτικές Εμπλεκόμενων / Ενδιαφερόμενων Φορέων

Για καλύτερη κατανόηση, το κεφάλαιο αυτό ενσωματώνει προοπτικές από διάφορους ενδιαφερόμενους φορείς, συμπεριλαμβανομένων των ναυτιλιακών εταιρειών, των ρυθμιστικών φορέων, των περιβαλλοντικών οργανώσεων και του ευρύτερου κοινού. Η κατανόηση των προοπτικών και των ανησυχιών αυτών των ενδιαφερομένων είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη διαμόρφωση υπεύθυνων πολιτικών και στρατηγικών στο πλαίσιο υιοθέτησης των MASS (Theotokatos et al.,2023).

Η είσοδος των θαλάσσιων αυτόνομων πλοίων επιφανείας (MASS) στη ναυτιλιακή βιομηχανία δεν είναι απλώς μια τεχνολογική πρόοδος αλλά μία αλλαγή πλευσης – προσέγγισης της ναυτιλίας από ένα μεγάλο μέρος της ναυτιλιακής κοινότητας. Όπως αναφέρθηκε η κατανόηση των προοπτικών που έγκειται να δώσει η αυτόνομη ναυτιλία θα εξασφαλίσει μία ασφαλής ανάπτυξης καθώς και μία ευρείας αποδοχής της.

Για τις ναυτιλιακές εταιρείες και τα ενδιαφερόμενα μέρη του κλάδου, η υιοθέτηση των MASS πρόκειται να φέρει επανάσταση τόσο στη λειτουργική αποτελεσματικότητα όσο και στη μείωση του κόστους. Η δυνατότητα των μη επανδρωμένων πλοίων να λειτουργούν συνεχώς, να βελτιστοποιούν τις διαδρομές (εξοικονόμηση καυσίμου) και να εκτελούν ορθολογικά τις διαδικασίες μεταφοράς φορτίων ευθυγραμμίζεται πλήρως με τις οικονομικές επιδιώξεις των ναυτιλιακών εταιρειών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι ανησυχίες των ενδιαφερομένων σχετικά με την αρχική επένδυση, τις τεχνολογικές ευπάθειες και την ανάγκη για εξειδικευμένο προσωπικό στο πλαίσιο διαχείρισης και επίβλεψης των αυτόνομων λειτουργιών να αποτελούν πρωταρχικούς στόχους. Υπό το πρίσμα των ανωτέρω οι ναυτιλιακές

εταιρείες οδηγούνται σε διεθνείς συνεργασίες για τη θέσπιση τυποποιημένων κανονισμών που διασφαλίζουν ίσους όρους ανταγωνισμού και ενισχύουν την εμπιστοσύνη στο παγκόσμιο θαλάσσιο οικοσύστημα.

Οι ρυθμιστικοί φορείς και οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στη διαμόρφωση του μέλλοντος των MASS. Οι προοπτικές τους περιλαμβάνουν την ανάγκη για ολοκληρωμένα νομικά πλαίσια που να αντιμετωπίζουν ζητήματα ασφάλειας, κυβερνοασφάλειας και περιβάλλοντος. Η επίτευξη ισορροπίας μεταξύ της προώθησης της καινοτομίας και της διαφύλαξης των θαλάσσιων δραστηριοτήτων είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη καθώς οι υπεύθυνοι πρέπει να αντιμετωπίσουν ζητήματα ευθύνης, ασφάλισης και δημιουργίας τυποποιημένων πρωτοκόλλων για τις λειτουργίες των MASS. Η ανάπτυξη διεθνών συμφωνιών και συνεργασιών είναι αναγκαία για τη δημιουργία ενός συνεκτικού ρυθμιστικού πλαισίου.

Περαιτέρω, οι περιβαλλοντικές οργανώσεις θεωρούν την ενσωμάτωση των MASS ως πιθανό σύμμαχο στην επιδίωξη βιώσιμων (πράσινων) θαλάσσιων πρακτικών (Tsvetkova & Hellstrom, 2022). Η μείωση των εκπομπών επιβλαβών αερίων λόγω μείωσης κατανάλωσης καυσίμου και η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακή, αιολική, ηλεκτρική, υδρογόνου κλπ) ευθυγραμμίζονται με τους στόχους αυτών των περιβαλλοντικών οργανισμών. Ωστόσο, ενδέχεται να προκύψουν ανησυχίες σχετικά με τις ακούσιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αυτόνομων σκαφών, όπως η υποβρύχια ηχορύπανση ή οι τυχαίες συγκρούσεις με τη θαλάσσια ζωή. Η συνεργασία μεταξύ περιβαλλοντικών οργανώσεων και της ναυτιλιακής βιομηχανίας είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι η υιοθέτηση των MASS συμβάλλει θετικά στη διατήρηση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων.

Η αντίληψη του ευρύτερου κοινού των αποτελεσμάτων από την χρήση των MASS είναι καθοριστικής σημασίας για τη διαμόρφωση της κοινωνικής τους αποδοχής. Ενώ τα οφέλη από την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια είναι προφανή, ενδέχεται να επικρατήσουν ανησυχίες σχετικά με την εκτόπιση θέσεων εργασίας, τους κινδύνους για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο και τα φυσικά ατυχήματα που αφορούν μη επανδρωμένα πλοία. Οι εκπαιδευτικές εκστρατείες και η διαφανής επικοινωνία είναι απαραίτητες για την ενημέρωση του κοινού σχετικά με τα πλεονεκτήματα των MASS, την εξάλειψη των παρανοήσεων και την οικοδόμηση εμπιστοσύνης. Στις θαλάσσιες κοινότητες, όπου η ναυτική βιομηχανία έχει πολιτιστική και οικονομική σημασία, η συμμετοχή των τοπικών πληθυσμών στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων μπορεί να ενισχύσει το αίσθημα ιδιοκτησίας και συνεργασίας.

Σε συνέχεια των ανωτέρων ακόμα και η ακαδημαϊκή και ερευνητική κοινότητα διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην προώθηση της γνώσης και της κατανόησης της χρήσης και των πλεονεκτημάτων των MASS (Issa et al.,2022). Οι προοπτικές των ερευνητών συμβάλλουν στη διατήρηση συζήτησης σχετικά με τις τεχνολογικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της αυτόνομης ναυτιλίας. Τα ακαδημαϊκά ιδρύματα μπορούν να παρέχουν πολύτιμες γνώσεις για τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες που σχετίζονται με τα MASS, ενημερώνοντας κατάλληλα τους υπεύθυνους. Για την αντιμετώπιση αναδύμενων ζητημάτων όπως οι ηθικοί προβληματισμοί της αυτόνομης λήψης αποφάσεων και οι κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις στις θαλάσσιες κοινότητες είναι απαραίτητες συλλογικές ερευνητικές προσπάθειες. Οι απόψεις των ναυτιλιακών εταιρειών, των ρυθμιστικών φορέων, των περιβαλλοντικών οργανώσεων, του ευρύτερου κοινού και της ακαδημαϊκής κοινότητας διαμορφώνουν συλλογικά την τροχιά της αυτόνομης ναυτιλίας

MARITIME AUTONOMOUS SURFACE SHIPS (MASS)		
A/A	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
1	Μείωση εκπομπών επιβλαβών αερίων	Τεχνολογία υπό ανάπτυξη
2	Μείωση κατανάλωσης καυσίμων	Πιθανή μείωση των θέσεων εργασίας
3	Μείωση κινδύνου ανθρώπινου λάθους και των συνακόλουθων ατυχημάτων	Άγνωστοι κίνδυνοι σε θέματα ασφάλειας λόγω αβέβαιης εξάρτησης από την τεχνολογία
4	Μέτρο αντιμετώπισης της αναμενόμενης έλλειψης ναυτικών στο μέλλον	Θέματα κυβερνοασφάλειας – ευπαθή συστήματα από hackers
5	Μείωση συλλογικών λειτουργικών εξόδων	
6	Αύξηση αξιοπιστίας και αποτελεσματικότητας στις θαλάσσιες μεταφορές	

Η επίτευξη μιας αρμονικής ολοκλήρωσης των MASS απαιτεί συνεχή διάλογο, συνεργασία και κοινή δέσμευση για την υπεύθυνη πλοήγηση στις πολυπλοκότητες αυτής της μετασχηματιστικής τεχνολογίας. Η μελέτη των επιπτώσεων θετικών και αρνητικών σε τομείς περιβαλλοντικούς, ασφαλείας και οικονομικούς, από τη χρήση των θαλάσσιων αυτόνομων πλοίων, μπορεί να ερμηνεύσει τη δυναμική των MASS στην καθολική αναδιαμόρφωση του

θαλάσσιου τοπίου. Στο πλαίσιο διαμόρφωσης του μέλλοντος των μη επανδρωμένων θαλάσσιων σκαφών είναι σημαντικό να αναγνωριστούν και να κατανοηθούν πλήρως από τη ναυτιλιακή κοινότητα οι προκλήσεις, οι προοπτικές τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους.

6. Νομικό πλαίσιο

Η ενσωμάτωση των θαλάσσιων αυτόνομων πλοίων επιφανείας στη ναυτιλιακή βιομηχανία εισάγει ένα περίπλοκο νομικό τοπίο που απαιτεί σαφή πλαίσια για τη ρύθμιση των δραστηριοτήτων τους. Αυτό το κεφάλαιο εμβαθύνει στις νομικές εκτιμήσεις, τα θεσμικά κείμενα και τον ρόλο του διεθνούς ναυτικού δικαίου στην παροχή μιας βάσης για την υπεύθυνη ανάπτυξη και ρύθμιση των MASS.

6.1: Διεθνές Ναυτικό Δίκαιο και Συμβάσεις

Στον πυρήνα του νομικού πλαισίου που διέπει τα μη επανδρωμένα σκάφη επιφανείας είναι το διεθνές ναυτικό δίκαιο (Chircop, 2019). Συμβάσεις όπως των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας (United Nations Convention on the Law of the Sea: UNCLOS) παρέχουν τις θεμελιώδεις αρχές που ρυθμίζουν τις θαλάσσιες δραστηριότητες. Η UNCLOS θεσπίζει τα δικαιώματα και τις ευθύνες των εθνών σχετικά με τη χρήση των ωκεανών και, κατ' επέκταση, την ανάπτυξη αυτόνομων σκαφών. Καθώς τα MASS λειτουργούν σε διεθνή ύδατα, η τήρηση της UNCLOS διασφαλίζει ότι οι δραστηριότητές τους συμμορφώνονται με τα παγκοσμίως αναγνωρισμένα νομικά πρότυπα.

Επιπλέον, συμβάσεις όπως η Διεθνής Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ζωής στη Θάλασσα (Safety of Life at Sea: SOLAS) και η Διεθνής Σύμβαση για τα Πρότυπα Εκπαίδευσης, Πιστοποίησης και Τήρησης Φυλακών για Ναυτικούς (STCW: Standards of Training, Certification, and Watchkeeping for Seafarers.) παρέχουν συγκεκριμένες κατευθυντήριες γραμμές για την ασφάλεια και την εκπαίδευση των ναυτικών. Η ενσωμάτωση των MASS σε αυτές τις συμβάσεις απαιτεί προσεκτική εξέταση για να αντιμετωπιστούν οι μοναδικές προκλήσεις που θέτουν τα αυτόνομα σκάφη και να διασφαλιστεί ότι τα πρότυπα ασφάλειας και εκπαίδευσης εξελίσσονται για να συμπεριλάβουν αυτήν τη μετασχηματιστική τεχνολογία.

6.2: Θεσμικά κείμενα και κατευθυντήριες γραμμές

Οι συμπληρωματικές διεθνείς συμβάσεις είναι θεσμικά κείμενα με κατευθυντήριες οδηγίες που παρέχονται από οργανισμούς όπως ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) και η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC). Ο IMO, ένας εξειδικευμένος οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών, διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην ανάπτυξη κανονισμών λειτουργίας στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτύξει οδηγίες για την αξιολόγηση των κινδύνων που σχετίζονται με την ασφάλεια των αυτόνομων σκαφών στη θάλασσα. Καθώς η εισαγωγή μιας ιδέας για μη επανδρωμένα πλοία σίγουρα θα ωφελήσει τη μελλοντική ανάπτυξη της τεχνολογίας, είναι απαραίτητη μια διεξοδική αναθεώρηση για τον εντοπισμό των κινδύνων που επηρεάζονται από τη λειτουργία των MASS. Έτσι ο IMO επεξεργάζεται διάφορες προτάσεις όπως η επέκταση του AIS (Automatic Identification System) σε αυτόνομα πλοία πάνω σε συγκεκριμένες διαδρομές του SCC (Shore control centre), διαχωρισμό κυκλοφορίας σε περιοχές υψηλής ναυτιλιακής κίνησης, καθορισμό θαλάσσιων διαδρομών μόνο για μη επανδρωμένα πλοία, επεξεργασία, θέσπιση νέων ειδικών κανόνων για MASS κ.α.

Η Επιτροπή Ναυτικής Ασφάλειας (MSC: maritime safety committee) του IMO, για παράδειγμα, αντιμετωπίζει ενεργά ζητήματα που σχετίζονται με την ασφάλεια των αυτόνομων σκαφών. Τα θεσμικά κείμενα μπορεί να περιλαμβάνουν οδηγίες ειδικά για τα MASS, που καλύπτουν πτυχές όπως, πρότυπα σχεδιασμού, πρωτόκολλα κυβερνοασφάλειας και επιχειρησιακές διαδικασίες. Αυτά τα κείμενα εξελίσσονται παράλληλα με την τεχνολογία, παρέχοντας ένα ευέλικτο πλαίσιο που προσαρμόζεται στο δυναμικό τοπίο της αυτόνομης ναυτιλίας. Οι προσπάθειες τυποποίησης από οργανισμούς όπως το IEC συμβάλλουν στην ανάπτυξη ενιαίων τεχνικών προδιαγραφών, διασφαλίζοντας τη δια λειτουργικότητα και τη συμβατότητα μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων MASS.

6.3: Πρότυπα και πρωτόκολλα κυβερνοασφάλειας

Δεδομένης της εξάρτησης των MASS από διασυνδεδεμένα ψηφιακά συστήματα, τα πρότυπα κυβερνοασφάλειας αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ασφαλούς λειτουργίας τους (Cho et al.,2022). Τέτοια πρότυπα προσαρμοσμένα στη ναυτιλιακή βιομηχανία αναπτύσσουν το International Maritime Cyber Centre of Excellence (IMCCE) και η Τεχνική Επιτροπή για την Κυβερνοασφάλεια της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής (IEC/TC 65).

Figure 1 shows an overview of high-level modules comprising an autonomous ship.¹¹

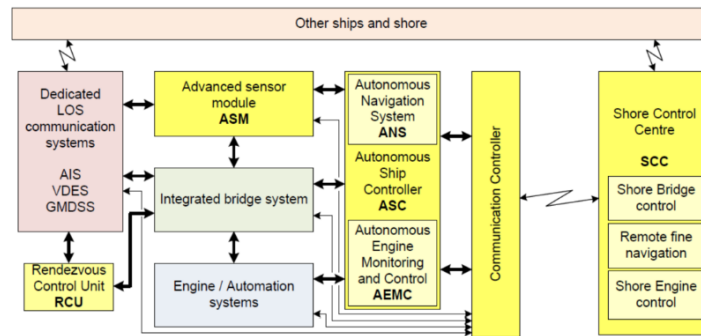


FIGURE 1. OVERVIEW OF HIGH-LEVEL MODULES

Wang et al. (2020) identified a list of core technologies required for an autonomous ship, as shown in

Εικόνα 18: Cybersecurity Considerations in Autonomous Ships, CHO, ORYE, VISKY, PRATES, NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence: Tallinn, Esthonia, 2022

Η ενσωμάτωση ισχυρών πρωτοκόλλων κυβερνοασφάλειας στο νομικό πλαίσιο είναι επιτακτική για τη μείωση των κινδύνων από απειλές στον κυβερνοχώρο, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα των δεδομένων, των συστημάτων επικοινωνίας και εν τέλει τον ασφαλή έλεγχο των πλοίων (Cho et al.,2022). Τα νομικά κείμενα που διέπουν τα MASS πρέπει να περιλαμβάνουν κατευθύνσεις για ασφαλή κανάλια επικοινωνίας, μεθόδους κρυπτογράφησης και σχέδια αντιμετώπισης περιστατικών στο πλαίσιο ενίσχυσης της ψηφιακής ανθεκτικότητας των αυτόνομων σκαφών. Για παράδειγμα επιβάλλεται η αρχιτεκτονική σχεδίασης των δικτύων των συστημάτων MASS να περιλαμβάνει ξεχωριστά networks ως ακολούθως και όπως φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί:

- Navigational Network: Βασισμένο στα επικοινωνιακά πρωτόκολλα της IEC (International Electro-technical Commission), που αφορούν τις συσκευές Ναυτιλίας.
- Automation and Safety Network: Που αφορά αισθητήρες και συσκευές για τον έλεγχο του MASS.
- Line-of-Sight Network: Για τον έλεγχο του MASS κοντά στην ακτή, βασισμένο σε VHF κανάλια.
- Ship-to-Shore Network: Για τον έλεγχο του MASS σε αποστάσεις πέραν του ορίζοντα (Inmarsat,Iridium and Very Small Aperture Terminal (VSAT))
- Επιπλέον άλλα που εξαρτώνται από τον σκοπό λειτουργίας και την καθορισθείσα χρήση του MASS.

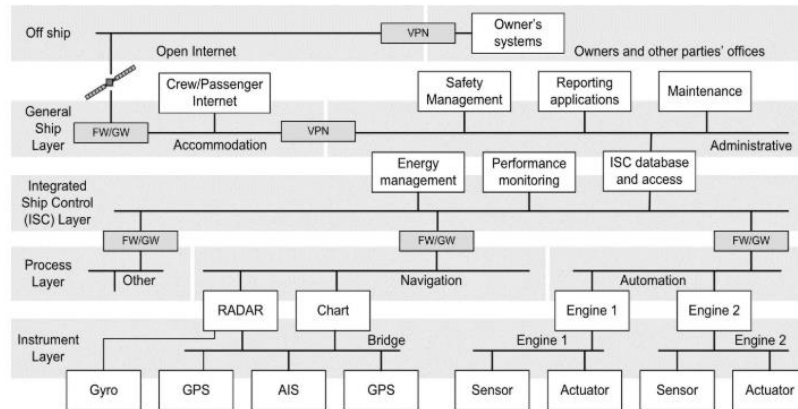


FIGURE 2. ARCHITECTURAL OVERVIEW OF UNMANNED SHIPS

The architecture yields four distinctive types of network as follows.¹⁵

Εικόνα 19: Cybersecurity Considerations in Autonomous Ships, CHO, ORYE, VISKY, PRATES, NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence: Tallinn, Esthonia, 2022

6.4: Θέματα ευθύνης και ασφάλισης

Το νομικό πλαίσιο των αυτόνομων πλοίων πρέπει να αντιμετωπίζει ζητήματα ευθύνης σε περίπτωση ατυχημάτων ή δυσλειτουργιών. Ο προσδιορισμός της ευθύνης απαιτεί μια διαφοροποιημένη προσέγγιση, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως δυσλειτουργίες λογισμικού, παρεμβολές τρίτων καθώς και ο ρόλος των ανθρώπινων χειριστών απομακρυσμένους σταθμούς ελέγχου. (remote radio control Stations).

Τα ασφαλιστικά ζητήματα αποτελούν επίσης κρίσιμο στοιχείο του νομικού πλαισίου. Οι σαφείς κατευθύνσεις για τους τύπους ασφάλισης στην αυτόνομη ναυτιλία και ο καθορισμός των ασφαλιστρών εκτιμάται πρόκειται να συμβάλλουν σε ένα σταθερό και καλά ρυθμισμένο περιβάλλον. Τα νομικά κείμενα πρέπει να επιτύχουν μια ισορροπία μεταξύ της ενθάρρυνσης της καινοτομίας και της παροχής μίας ασφάλειας έναντι πιθανών υποχρεώσεων.

6.5: Ελληνική νομοθεσία και προκλήσεις δικαιοδοσίας

Ενώ οι διεθνείς συμβάσεις παρέχουν ένα ευρύ πλαίσιο, το νομικό τοπίο για το MASS διαμορφώνεται περαιτέρω από την εθνική νομοθεσία. Μεμονωμένες χώρες μπορούν να θεσπίσουν νόμους που διέπουν την ανάπτυξη, τη λειτουργία και την εγγραφή αυτόνομων σκαφών στα ύδατά τους. Προκύπτουν προκλήσεις δικαιοδοσίας, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις

όπου το MASS διασχίζει πολλαπλά χωρικά ύδατα και αποκλειστικές οικονομικές ζώνες (Chircop,2019). Η διεθνής συνεργασία είναι απαραίτητη για την εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας και την αντιμετώπιση των διενέξεων δικαιοδοσίας. Τα νομικά κείμενα πρέπει να περιηγούνται σε αυτές τις πολυπλοκότητες, περιγράφοντας αρχές που διευκολύνουν την απρόσκοπτη λειτουργία των MASS σε διάφορες νομικές δικαιοδοσίες.

Η Ελλάδα, με την μεγάλη ναυτική ιστορία και την παγκόσμια τη σημαντική παρουσία της στη ναυτιλιακή βιομηχανία, αναγνωρίζει την ανάγκη για ειδικούς κανονισμούς που διέπουν τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και τη λειτουργία των MASS εντός των χωρικών υδάτων της. Ως κράτος με πλήθος ακτών και νησιών, αντιμετωπίζει μοναδικές προκλήσεις δικαιοδοσίας. Το νομικό πλαίσιο πρέπει να αντιμετωπίζει την απρόσκοπτη μετάβαση των αυτόνομων πλοίων σε διαφορετικά χωρικά ύδατα και αποκλειστικές οικονομικές ζώνες. Η διασφάλιση της συνεπούς επιβολής των κανονισμών και ο καθορισμός της ευθύνης σε περιπτώσεις συμβάντων που αφορούν αυτόνομα πλοία που πλέουν στα ελληνικά ύδατα αποτελούν κρίσιμα ζητήματα – δυσεπίλυτα προβλήματα.

Αναγνωρίζοντας τον εγγενώς παγκόσμιο χαρακτήρα της ναυτιλίας, η Ελλάδα συνεργάζεται ενεργά με τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) με σκοπό να συμβάλει στην ανάπτυξη τυποποιημένων κανονισμών. Εναρμονίζοντας το νομικό της πλαίσιο με τις διεθνείς συμβάσεις και κατευθυντήριες γραμμές, η Ελλάδα επιδιώκει να δημιουργήσει ένα εναρμονισμένο περιβάλλον που διευκολύνει την ομαλή λειτουργία των MASS σε παγκόσμια κλίμακα.

6.6: Ηθικές και κοινωνικές επιπτώσεις

Το νομικό πλαίσιο για τα MASS εκτείνεται πέρα από τεχνικά και επιχειρησιακά ζητήματα για να συμπεριλάβει ηθικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Η υπεύθυνη χρήση αυτόνομων σκαφών απαιτεί οδηγίες και σαφείς διευκρινήσεις για θέματα όπως το απόρρητο δεδομένων, η διαφάνεια στους αλγόριθμους λήψης αποφάσεων και ο κοινωνικός αντίκτυπος της πιθανής μετατόπισης θέσεων εργασίας. Η ενσωμάτωση δεοντολογικών πλαισίων στα νομικά κείμενα διασφαλίζει ότι η ανάπτυξη των MASS ευθυγραμμίζεται με ευρύτερες κοινωνικές αξίες και αντιμετωπίζει ανησυχίες που σχετίζονται με την κοινωνική ισότητα και την ένταξη.

6.7: Μηχανισμοί επιβολής και παρακολούθηση συμμόρφωσης

Ένα αποτελεσματικό νομικό πλαίσιο απαιτεί ισχυρούς μηχανισμούς επιβολής και παρακολούθηση της συμμόρφωσης. Τα νομικά κείμενα που διέπουν τα MASS θα πρέπει να

περιγράφουν διαδικασίες για επιθεωρήσεις, ελέγχους και την επιβολή κυρώσεων σε περιπτώσεις μη συμμόρφωσης (Issa et al.,2022). Η σύσταση μιας παγκόσμιας αρχής παρακολούθησης και επιβολής μπορεί να θεωρηθεί ότι θα διασφαλίσει τη συνεπή εφαρμογή των κανονισμών σε ολόκληρη τη ναυτιλιακή βιομηχανία.

Για την ενίσχυση της νομιμότητας και της κοινωνικής αποδοχής, το νομικό πλαίσιο για την αυτόνομη ναυτιλία θα πρέπει να ενσωματώνει μηχανισμούς για δημόσια διαβούλευση και συμμετοχή των ενδιαφερομένων. Η συμπερίληψη προοπτικών από ναυτιλιακές εταιρείες, περιβαλλοντικές οργανώσεις, ακαδημαϊκά ιδρύματα και το ευρύ κοινό διασφαλίζει ένα ολοκληρωμένο και ισορροπημένο ρυθμιστικό περιβάλλον. Εκστρατείες ευαισθητοποίησης του κοινού, εκπαιδευτικές πρωτοβουλίες και οι πλατφόρμες διαλόγου συμβάλλουν σε ένα ενημερωμένο και αφοσιωμένο κοινό που συμμετέχει ενεργά στη διαμόρφωση του νομικού πλαισίου.

7. Μελλοντικές Εξελίξεις – Εκτιμήσεις

Η ενσωμάτωση των Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) στη ναυτιλιακή βιομηχανία είναι ένα εξελισσόμενο τοπίο που χαρακτηρίζεται από συνεχείς εξελίξεις και μεταμορφωτικές καινοτομίες. Αυτό το κεφάλαιο εμβαθύνει σε μελλοντικές εξελίξεις και εκτιμήσεις, διερευνώντας την τροχιά της τεχνολογίας MASS, τις αναμενόμενες προκλήσεις και τις πιθανές επιπτώσεις στο θαλάσσιο οικοσύστημα.

Το μέλλον των MASS πρόκειται να γνωρίσει σημαντικές τεχνολογικές προόδους. Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) και οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης θα γίνουν πιο εξελιγμένοι, ενισχύοντας τις δυνατότητες λήψης αποφάσεων των αυτόνομων σκαφών. Οι τεχνολογίες αισθητήρων, συμπεριλαμβανομένων των LiDAR, ραντάρ και σόναρ, θα υποβάλλονται σε συνεχή βελτίωση, παρέχοντας στα σκάφη άριστη επίγνωση της κατάστασης (Ye et al.,2023). Τα συστήματα επικοινωνίας θα εξελιχθούν για να επιτρέπουν την απρόσκοπτη και ασφαλή αλληλεπίδραση μεταξύ αυτόνομων πλοίων, κέντρων απομακρυσμένης λειτουργίας και άλλων στοιχείων της θαλάσσιας υποδομής.

Η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση και στην ανάπτυξη της αυτόνομης ναυτιλίας. Η τεχνολογία blockchain σε συνδυασμό με αισθητήρες radar και sonar τελευταίας τεχνολογίας, συστήματα δορυφορικής επιτήρησης υπό το έλεγχο της τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για την αύξηση της

αξιοπιστίας και της ασφάλειας. Το γεγονός όμως ότι ο όγκος των δεδομένων αυξάνεται εκθετικά με τον χρόνο προκαλεί δυσκολία στη διαχείριση, στην αξιοποίησή και στην ασφάλειά τους. (αποθήκευση – ανταλλαγή σε πραγματικό χρόνο). από το IoT το οποίο η τεχνολογία καλείται να αντιμετωπίσει.

Οι μελλοντικές εξελίξεις στο MASS θα επικεντρωθούν στην ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης και της βιωσιμότητας. Η πρόοδος στα συστήματα πρόωσης, συμπεριλαμβανομένων των ηλεκτρικών και υβριδικών τεχνολογιών, θα συμβάλει στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η ενσωμάτωση με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια θα ενισχύσει περαιτέρω τη βιωσιμότητα των λειτουργιών MASS. Η έρευνα για εναλλακτικά καύσιμα και λύσεις αποθήκευσης ενέργειας θα οδηγήσει σε καινοτομίες που στοχεύουν στη δημιουργία μιας πιο φιλικής προς το περιβάλλον ναυτιλιακής βιομηχανίας γεγονός που τείνει να εναρμονιστεί και με το στόχο της ΕΕ που θέλει μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου κατά 55% έως το 2030.

Η ανάπτυξη ολοκληρωμένων και εναρμονισμένων παγκόσμιων ρυθμιστικών πλαισίων για τα MASS είναι μία συνεχής διαδικασία. Η διεθνής συνεργασία θα είναι ουσιαστικής σημασίας για τη θέσπιση τυποποιημένων κανονισμών που θα αφορούν την ασφάλεια, τόσο στον κυβερνοχώρο όσο και στο φυσικό περιβάλλον τη θάλασσα. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) και άλλοι σχετικοί φορείς θα συνεχίσουν να διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διαμόρφωση ρυθμιστικών πλαισίων που προάγουν την καινοτομία διασφαλίζοντας παράλληλα την υπεύθυνη και ασφαλή ανάπτυξη αυτόνομων σκαφών σε παγκόσμια κλίμακα.

Το μέλλον των MASS εξαρτάται από την αντίληψη του κοινού και την κοινωνική αποδοχή. Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, οι προληπτικές προσπάθειες για τη συμμετοχή του κοινού μέσω της εκπαίδευσης, της διαφάνειας και του ανοιχτού διαλόγου αποτελεί πρωταρχικό στόχο. Ανησυχίες που σχετίζονται με την ασφάλεια, τη μείωση των θέσεων εργασίας και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις (θετικές-αρνητικές) παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση θετικού κοινού αισθήματος απέναντι στο θέμα της αυτόνομης ναυτιλίας. Απαραίτητη για την κοινή αποδοχή η οικοδόμηση ισχυρής εμπιστοσύνης μεταξύ ενδιαφερομένων.

Η ευρεία υιοθέτηση των MASS αναμένεται να επιφέρει σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις και να μεταμορφώσει τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Αν και μπορεί να υπάρχουν αρχικές προκλήσεις για την προσαρμογή στη νέα τεχνολογία, τα μακροπρόθεσμα οικονομικά οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της λειτουργικής αποτελεσματικότητας, της μείωσης του λειτουργικού κόστους και της αυξημένης βιωσιμότητας, αναμένεται να αντισταθμίσουν τις μεταβατικές

προκλήσεις. Το εργατικό δυναμικό της ναυτιλίας μπορεί να υποβληθεί σε μετασχηματισμό, με μια αλλαγή στους ρόλους της εργασίας και την εμφάνιση νέων ευκαιριών σε τομείς που σχετίζονται με την τεχνολογία MASS.

Καθώς τα MASS θα εξελιχθούν σε αναπόσπαστο μέρος των θαλάσσιων επιχειρήσεων, η διασφάλιση της ασφάλειας και της ανθεκτικότητάς τους στον κυβερνοχώρο θα είναι πρωταρχικής σημασίας. Οι μελλοντικές εξελίξεις δεικνύουν απαίτηση για προηγμένα μέτρα κυβερνοάμυνας, ισχυρά πρωτόκολλα κρυπτογράφησης, ασφαλή συστήματα επικοινωνίας και συνεχή επιτήρηση για πιθανές απειλές. Η ναυτιλιακή βιομηχανία θα πρέπει να παραμείνει ευέλικτη απέναντι στις εξελισσόμενες κυβερνοαπειλές και να συνεργαστεί παγκοσμίως για τη θέσπιση προτύπων που θωρακίζουν τα αυτόνομα πλοία μέσα στο ψηφιακό περιβάλλον.

Οι συνεχείς ερευνητικές πρωτοβουλίες και συλλογικές προσπάθειες θα διαμορφώσουν το μέλλον των μη επανδρωμένων πλοίων. Η συνεργασία στον κλάδο θα είναι απαραίτητη για την ανταλλαγή βέλτιστων πρακτικών, την αντιμετώπιση των προκλήσεων και την προώθηση της καινοτομίας. Ερευνητικά ιδρύματα, εταιρείες τεχνολογίας και ναυτιλιακές οργανώσεις θα συνεχίσουν να επενδύουν σε έργα που ξεπερνούν τα όρια της αυτόνομης ναυτιλίας, εξερευνώντας νέες τεχνολογίες και μεθοδολογίες για την ενίσχυση των δυνατοτήτων των MASS.

8. Συμπεράσματα – Επίλογος

Η ενσωμάτωση των Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) στη ναυτιλιακή βιομηχανία σηματοδοτεί ένα σημαντικό σημείο καμπής, εγκαινιάζοντας μια νέα εποχή τεχνολογικής καινοτομίας και μετασχηματιστικών αλλαγών. Καθώς ολοκληρώνουμε την εξερεύνηση των MASS, είναι προφανές ότι τα αυτόνομα σκάφη είναι έτοιμα να επαναπροσδιορίσουν το θαλάσσιο τοπίο με τρόπους που εκτείνονται πολύ πέρα από τις τεχνολογικές εξελίξεις. Αυτό το τελικό κεφάλαιο παραθέτει εν συντομία τα βασικά ευρήματα, τις επιπτώσεις και τις σκέψεις σχετικά με τις πολύπλευρες πτυχές των MASS, δίνοντας έμφαση στις δυνατότητές τους, τις προκλήσεις και τον ευρύτερο αντίκτυπο στο θαλάσσιο οικοσύστημα.

Το ταξίδι της τεχνολογίας MASS έχει χαρακτηριστεί από μια αδιάκοπη επιδίωξη αυτονομίας και αποτελεσματικότητας. Από τα πρώτα στάδια των τηλεκατευθυνόμενων σκαφών έως τα εξελιγμένα αυτόνομα συστήματα του σήμερα, η εξέλιξη των MASS αντανάκλα μια σύγκλιση των προόδων στην τεχνητή νοημοσύνη - πληροφορική, τις τεχνολογίες

αισθητήρων και τα συστήματα επικοινωνίας. Οι επιπτώσεις αυτής της τεχνολογικής εξέλιξης επεκτείνονται σε διάφορους τομείς της ναυτιλιακής βιομηχανίας, υποσχόμενοι βελτιωμένη ασφάλεια, λειτουργική απόδοση και περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Η συνεχής βελτίωση των αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης έχει προικίσει τα μη επανδρωμένα σκάφη με την ικανότητα να λαμβάνουν σύνθετες αποφάσεις σε δυναμικά θαλάσσια περιβάλλοντα. Οι τεχνολογίες αισθητήρων όπως και προαναφέραμε, οι οποίες κυμαίνονται από το LiDAR και το ραντάρ έως τους ακουστικούς και υδροδυναμικούς αισθητήρες, παρέχουν σε αυτά τα σκάφη ένα άνευ προηγουμένου επίπεδο επίγνωσης – εποπτείας της κατάστασης. Τα συστήματα επικοινωνίας επιτρέπουν την ανταλλαγή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, διευκολύνοντας τις συντονισμένες λειτουργίες και την απομακρυσμένη παρακολούθηση. Το τεχνολογικό τοπίο των MASS είναι δυναμικό, με τη συνεχιζόμενη έρευνα και καινοτομία έτοιμη να ξεκλειδώσει νέες δυνατότητες και να ανυψώσει περαιτέρω τις δυνατότητές τους.

Ένα από τα καθοριστικά χαρακτηριστικά των MASS είναι η ευελιξία τους, επιτρέποντας εφαρμογές σε διάφορους τομείς της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Από τη στρατιωτική και εμπορική ναυτιλία μέχρι την αλιεία, τις λιμενικές εγκαταστάσεις και τα ερευνητικά πλοία, τα MASS επιδεικνύουν τη δυνατότητα να φέρουν επανάσταση στις παραδοσιακές θαλάσσιες δραστηριότητες. Οι στρατιωτικές εφαρμογές αξιοποιούν την αυτονομία των MASS για επιτήρηση, αναγνώριση και ενδεχομένως ακόμη και μάχη, ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα των ναυτικών δυνάμεων. Στην εμπορική ναυτιλία, η υιοθέτηση των MASS υπόσχεται κέρδη λειτουργικής αποδοτικότητας, μείωση κόστους και επιδραστικές αλλαγές στον σχεδιασμό και τη λειτουργία των φορτηγών πλοίων.

Οι αλιευτικές δραστηριότητες επωφελούνται από την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα των αυτόνομων σκαφών, βελτιστοποιώντας τις στρατηγικές αλιευμάτων με παράλληλη ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Στις λιμενικές εγκαταστάσεις, τα MASS συμβάλλουν στον εργονομικό χειρισμό φορτίου, στην αυτοματοποίηση των καθηκόντων ρουτίνας και στη βελτιωμένη αποτελεσματικότητα στη διακίνηση εμπορευμάτων. Ερευνητικά σκάφη, εξοπλισμένα με προηγμένες σουίτες αισθητήρων, επιδεικνύουν τη δυνατότητα των MASS να φέρει επανάσταση στην επιστημονική εξερεύνηση, τη συλλογή δεδομένων και την περιβαλλοντική παρακολούθηση σε απομακρυσμένα και δύσκολα θαλάσσια περιβάλλοντα.

Η αξιοπιστία των MASS, που περιλαμβάνει τόσο τις φυσικές πτυχές όσο και τις πτυχές του κυβερνοχώρου, αναδεικνύεται ως κρίσιμος παράγοντας στην ευρεία υιοθέτησή τους. Η φυσική ασφάλεια περιλαμβάνει την προστασία των πλοίων από συγκρούσεις, ατυχήματα και εξωτερικές απειλές. Η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών αισθητήρων παίζει καθοριστικό ρόλο στον μετριασμό των κινδύνων φυσικής ασφάλειας παρέχοντας στα σκάφη την ικανότητα να ανιχνεύουν και να ανταποκρίνονται στο περιβάλλον τους.

Στο μέτωπο του κυβερνοχώρου, η ευπάθεια των αυτόνομων πλοίων σε επιθέσεις στον κυβερνοχώρο απαιτεί ισχυρά μέτρα κυβερνοασφάλειας. Η διασύνδεση των συστημάτων MASS απαιτεί ολοκληρωμένες στρατηγικές για την ασφάλεια των καναλιών επικοινωνίας, την ακεραιότητα των δεδομένων και τον έλεγχο των σκαφών. Τα προγράμματα εκπαίδευσης και κατάρτισης για το διοικητικό προσωπικό των MASS καθίστανται απαραίτητα για να εξασφαλιστεί ένα εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό ικανό να αντιμετωπίζει και να μετριάσει αποτελεσματικά τις απειλές για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο.

Εξωτερικοί παράγοντες επιρροής, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών συνθηκών, των τεχνολογικών περιορισμών και της πιθανότητας ανθρώπινου λάθους στη διαχείριση αυτόνομων λειτουργιών, θέτουν πρόσθετες προκλήσεις για την αξιοπιστία των μη επανδρωμένων αυτόνομων πλοίων (MASS). Ωστόσο, η συνεχιζόμενη έρευνα, η συνεργασία στον κλάδο και η καθιέρωση διεθνών προτύπων συμβάλλουν στην ανάπτυξη στρατηγικών μετριασμού. Η αντιμετώπιση των προκλήσεων αξιοπιστίας είναι απαραίτητη για την οικοδόμηση εμπιστοσύνης στην ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των λειτουργιών MASS.

Η υιοθέτηση των εν λόγω αυτόνομων σκαφών έχει βαθιές επιπτώσεις στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Η μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG) αναδεικνύεται ως βασικό περιβαλλοντικό όφελος, λόγω της δυνατότητας των MASS να βελτιστοποιεί τις διαδρομές, να ελέγχει τις ταχύτητες και να ελαχιστοποιεί την κατανάλωση καυσίμου. Καθώς η ναυτιλιακή βιομηχανία ευθυγραμμίζεται με τους παγκόσμιους στόχους βιωσιμότητας που περιγράφονται από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO), η τεχνολογία MASS γίνεται κρίσιμος σύμμαχος για την επίτευξη χαμηλότερων αποτυπωμάτων άνθρακα.

Οι βελτιώσεις ασφάλειας που διευκολύνονται από την αυτονομία των μη επανδρωμένων σκαφών συμβάλλουν στη μείωση των ατυχημάτων και των συναφών περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η ακρίβεια και η επίγνωση της κατάστασης που παρέχουν οι

προηγμένες τεχνολογίες αισθητήρων μετριάζουν τους κινδύνους συγκρούσεων, πετρελαιοκηλίδων και άλλων συμβάντων που μπορεί να έχουν σοβαρές συνέπειες για τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Η δυνατότητα λειτουργίας των MASS σε επικίνδυνες συνθήκες χωρίς να διακινδυνεύει ανθρώπινες ζωές υπογραμμίζει περαιτέρω τον θετικό περιβαλλοντικό αντίκτυπό του.

Από την άλλη, είναι σημαντικό να καταφέρουμε να αντιληφθούμε ποια είναι τα περιβαλλοντικά οφέλη των MASS με μια περισσότερο ολοκληρωμένη προσέγγιση . Οι ακούσιες συνέπειες, όπως η υποβρύχια ηχορύπανση ή οι διαταραχές στη θαλάσσια ζωή, θα πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά και να μετριάζονται μέσω υπεύθυνων πρακτικών ανάπτυξης. Η επίτευξη ισορροπίας μεταξύ των οικονομικών οφελών της αυτόνομης ναυτιλίας και της περιβαλλοντικής διαχείρισης παραμένει κρίσιμης σημασίας για το βιώσιμο μέλλον των MASS.

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας των MASS στη ναυτιλιακή βιομηχανία εισάγει ένα σύνθετο νομικό τοπίο που απαιτεί σαφή πλαίσια για να διέπουν τις δραστηριότητές τους. Το διεθνές ναυτικό δίκαιο, που θεσπίστηκε μέσω συμβάσεων όπως η Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας (UNCLOS), παρέχει θεμελιώδεις αρχές για τη ρύθμιση της, σε παγκόσμια κλίμακα. Αυτές οι συμβάσεις, σε συνδυασμό με θεσμικά κείμενα από οργανισμούς όπως ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) και η εθνική νομοθεσία, δημιουργούν ένα πολύπλευρο νομικό πλαίσιο που αντιμετωπίζει την φυσική ασφάλεια, την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, την ευθύνη και τις προκλήσεις δικαιοδοσίας.

Όπως αποδεικνύεται από την περίπτωση της Ελλάδας, τα μεμονωμένα έθνη διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην προσαρμογή των νομικών τους πλαισίων για να φιλοξενήσουν MASS στα χωρικά τους ύδατα. Η συνεργασία μεταξύ της εθνικής νομοθεσίας και των διεθνών συμβάσεων καθιερώνει μια εναρμονισμένη προσέγγιση που εξισορροπεί την ανάγκη για καινοτομία με την επιτακτική ανάγκη εξασφάλισης ασφάλειας και περιβαλλοντικής ευθύνης.

Η επιτυχής ενσωμάτωση των MASS βασίζεται στις προοπτικές και την αποδοχή διαφόρων ενδιαφερομένων, συμπεριλαμβανομένων των ναυτιλιακών εταιρειών, των ρυθμιστικών φορέων, των περιβαλλοντικών οργανώσεων, του ευρύτερου κοινού και της ακαδημαϊκής κοινότητας. Οι ναυτιλιακές εταιρείες αναγνωρίζουν τις οικονομικές δυνατότητες των MASS, με την υπόσχεση για λειτουργική αποτελεσματικότητα, μείωση κόστους και αυξημένη βιωσιμότητα. Οι ρυθμιστικοί φορείς και οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής

αντιμετωπίζουν τις προκλήσεις της δημιουργίας ολοκληρωμένων νομικών πλαισίων που προάγουν την καινοτομία διασφαλίζοντας ταυτόχρονα την ασφάλεια και τη συμμόρφωση με τα διεθνή πρότυπα.

Οι περιβαλλοντικές οργανώσεις θεωρούν τα MASS ως θετική δύναμη για τη μείωση του οικολογικού αποτυπώματος της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Το ευρύ κοινό, ωστόσο, μπορεί να τρέφει ανησυχίες σχετικά με την εκτόπιση θέσεων εργασίας, τους κινδύνους για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο και τα ατυχήματα που αφορούν αυτόνομα πλοία. Η αντιμετώπιση αυτών των ανησυχιών μέσω της εκπαίδευσης, της διαφάνειας και της συνεργασίας είναι απαραίτητη για την οικοδόμηση εμπιστοσύνης και την προώθηση της κοινωνικής αποδοχής.

Η ακαδημαϊκή και ερευνητική κοινότητα συνεισφέρει πολύτιμες γνώσεις σχετικά με τις τεχνολογικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις των αυτόνομων σκαφών. Οι συνεχιζόμενες ερευνητικές πρωτοβουλίες, ο ακαδημαϊκός λόγος και η συνεργασία με τους ενδιαφερόμενους φορείς του κλάδου ενημερώνουν την εξέλιξη της αυτόνομης ναυτιλίας και διασφαλίζουν την ολιστική κατανόηση των πολύπλευρων επιπτώσεών της.

Το μέλλον των MASS χαρακτηρίζεται από δυναμικές εξελίξεις και εκτιμήσεις που εκτείνονται σε τεχνολογικές, ρυθμιστικές, οικονομικές και κοινωνικές διαστάσεις. Οι αναμενόμενες τεχνολογικές εξελίξεις περιλαμβάνουν τη συνεχή βελτίωση των αλγορίθμων AI, την ενοποίηση με αναδύομενες τεχνολογίες όπως το blockchain και το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) καθώς και βελτιώσεις στην τεχνολογία αισθητήρων και στα συστήματα επικοινωνίας.

Τα παγκόσμια ρυθμιστικά πλαίσια αναμένεται να εξελιχθούν, με συνεχείς προσπάθειες για τη θέσπιση τυποποιημένων κανονισμών που αφορούν την φυσική ασφάλεια, την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο και το περιβάλλον. Η αντίληψη και η αποδοχή του κοινού θα παίξουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της μελλοντικής επιτυχίας ή όχι των αυτόνομων πλοίων, τονίζοντας τη σημασία της αμφίδρομης επικοινωνίας, της εκπαίδευσης και της συνεργασίας μεταξύ των ενδιαφερομένων της βιομηχανίας και του ευρύτερου κοινού.

Οι οικονομικές επιπτώσεις και ο μετασχηματισμός της βιομηχανίας αναμένονται καθώς τα MASS γίνονται πιο διαδεδομένα στον ναυτιλιακό τομέα. Ενώ ενδέχεται να προκύψουν προκλήσεις κατά τη μεταβατική φάση, τα μακροπρόθεσμα οφέλη, συμπεριλαμβανομένων των κερδών λειτουργικής αποτελεσματικότητας, της μείωσης του

κόστους και της αυξημένης βιωσιμότητας, αναμένεται να επαναπροσδιορίσουν το οικονομικό τοπίο της ναυτιλιακής βιομηχανίας.

Η ασφάλεια και η ανθεκτικότητα στον κυβερνοχώρο θα παραμείνουν στην πρώτη γραμμή των μελλοντικών εξελίξεων, με έμφαση σε προηγμένα μέτρα κυβερνοασφάλειας, τη συνεργασία για την αντιμετώπιση αναδυόμενων απειλών και τη θέσπιση παγκόσμιων προτύπων για την προστασία των αυτόνομων πλοίων. Οι πρωτοβουλίες συνεργασίας και έρευνας θα συνεχίσουν να οδηγούν την καινοτομία, διασφαλίζοντας ότι η τεχνολογία MASS εξελίσσεται ως απάντηση στις αναδυόμενες προκλήσεις και ευκαιρίες.

Παρατηρώντας τις τάσεις για τη μελλοντική πορεία των MASS, είναι απαραίτητο να προσεγγίσουμε το θέμα με ένα μείγμα αισιοδοξίας, προσοχής και δέσμευσης για υπεύθυνη καινοτομία. Οι δυνατότητες μετασχηματισμού της αυτόνομης ναυτιλίας είναι τεράστιες, προσφέροντας λύσεις σε μακροχρόνιες προκλήσεις στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Ωστόσο, τα αχαρτογράφητα νερά της τεχνολογίας MASS απαιτούν μια προσεκτική και προσαρμόσιμη προσέγγιση για την αντιμετώπιση των πολυπλοκοτήτων και των αβεβαιοτήτων που βρίσκονται μπροστά μας. Το πνεύμα συνεργασίας μεταξύ των ενδιαφερομένων του κλάδου, των κυβερνήσεων, των ρυθμιστικών φορέων και του κοινού είναι πρωταρχικής σημασίας. Η πλήρης διαφάνεια στα θέματα ασφάλειας που πιθανόν να προκύψουν, η εμπλοκή των ενδιαφερομένων και ο συνεχής διάλογος θα ενισχύσουν την κοινή κατανόηση των πλεονεκτημάτων και των προκλήσεων που σχετίζονται με τα MASS. Η ενσωμάτωση διαφορετικών προοπτικών, από τεχνολογικούς εμπειρογνώμονες έως υποστηρικτές του περιβάλλοντος και ναυτιλιακές κοινότητες, θα συμβάλει σε μια συνολική και περιεκτική προσέγγιση στη διαμόρφωση του μέλλοντος της αυτόνομης ναυτιλίας.

Καθώς οι τεχνολογικές εξελίξεις συνεχίζουν να εκτυλίσσονται, το ρυθμιστικό περιβάλλον πρέπει να εξελίσσεται παράλληλα. Η καθιέρωση παγκόσμιων προτύπων, η προσαρμογή των νομικών πλαισίων και η συνεχής συνεργασία σε μέτρα κυβερνοασφάλειας θα δημιουργήσουν μια σταθερή και ασφαλή βάση για τις επιχειρήσεις MASS. Η προληπτική συμμετοχή της ακαδημαϊκής και ερευνητικής κοινότητας θα συμβάλει σε συνεχείς προόδους, διασφαλίζοντας ότι η τροχιά των MASS ευθυγραμμίζεται με ευρύτερες κοινωνικές αξίες και προσδοκίες.

Η περιβαλλοντική βιωσιμότητα παραμένει κατευθυντήρια αρχή για την ανάπτυξη και την εξάπλωση καινοτόμων τεχνολογιών. Οι υπεύθυνες πρακτικές, συμπεριλαμβανομένου του μετριασμού των ακούσιων περιβαλλοντικών συνεπειών και της τήρησης παγκόσμιων στόχων

βιωσιμότητας, είναι επιτακτικές για την αξιοποίηση του πλήρους δυναμικού της αυτόνομης ναυτιλίας ως δύναμης για θετικές αλλαγές στο θαλάσσιο οικοσύστημα.

Συμπερασματικά, η πορεία των Θαλάσσιων Αυτόνομων Πλοίων Επιφανείας (MASS) αντανακλά μια σύγκλιση τεχνολογικής καινοτομίας, ρυθμιστικής εξέλιξης και κοινωνικής προσαρμογής. Ο μετασχηματιστικός αντίκτυπος των MASS εκτείνεται πέρα από τα όρια της ναυτιλιακής βιομηχανίας, επηρεάζοντας τα οικονομικά τοπία, την περιβαλλοντική βιωσιμότητα και τους κοινωνικούς κανόνες.

Βιβλιογραφία

- Björk, E. (2021). Social and economic impacts of Maritime Automated Surface Ships. Chalmers University of Technology. <https://odr.chalmers.se/server/api/core/bitstreams/d7a25a3e-3cf6-4386-b6a4-03e2fbef8ab6/content>
- Bogusławski, K., Gil, M., Nasur, J., & Wróbel, K. (2022). Implications of autonomous shipping for maritime education and training: the cadet's perspective. *Maritime Economics & Logistics*, 24(2), 327-343.
- Chircop, A. (2019). Maritime autonomous surface ships in International Law: new challenges for the Regulation of International Navigation and Shipping. In *Cooperation and Engagement in the Asia-Pacific Region* (pp. 18-32). Brill Nijhoff.
- Chang, C. H., Kontovas, C., Yu, Q., & Yang, Z. (2021). Risk assessment of the operations of maritime autonomous surface ships. *Reliability Engineering & System Safety*, 207, 107324.
- Chong, J. C. (2018). Impact of maritime autonomous surface ships (MASS) on VTS operations.
- Cho, S., Orye, E., Visky, G., & Prates, V. (2022). Cybersecurity Considerations in Autonomous Ships. *NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence: Tallinn, Estonia*.
- Coito, J. United States Coast Guard (2021). Maritime autonomous surface ships: New possibilities—and challenges—in ocean law and policy. *International Law Studies*, 97(1), 19.
- Deling, W., Dongkui, W., Changhai, H., & Changyue, W. (2020). Marine autonomous surface ship-a great challenge to maritime education and training. *American Journal of Water Science and Engineering*, 6(1), 10-16.
- Dreyer, L. O., & Oltedal, H. A. (2019). Safety challenges for maritime autonomous surface ships: a systematic review. In *The Third Conference on Maritime Human Factors. Haugesund*.
- Fan, C., Wróbel, K., Montewka, J., Gil, M., Wan, C., & Zhang, D. (2020). A framework to identify factors influencing navigational risk for Maritime Autonomous Surface Ships. *Ocean Engineering*, 202, 107188.
- Goerlandt, F. (2020). Maritime Autonomous Surface Ships from a risk governance perspective: Interpretation and implications. *Safety science*, 128, 104758.

IBM. (2021, Jun). Mayflower Autonomous Ship Begins Transatlantic Crossing Attempt. Ανάκτηση από from IBM Newsroom: <https://newsroom.ibm.com/2021-06-15-Mayflower-Autonomous-Ship-Begins-Transatlantic-Crossing>

Issa, M., Ilinca, A., Ibrahim, H., & Rizk, P. (2022). Maritime autonomous surface ships: Problems and challenges facing the regulatory process. *Sustainability*, 14(23), 15630.

Iwanaga, S. (2019). Legal issues relating to the maritime autonomous surface ships' development and introduction to services. *Dissertation*. World Maritime University.

Karvonen, H., & Martio, J. (2019). Human factors issues in maritime autonomous surface ship systems development. In *Proceedings of the 1st international conference on maritime autonomous surface ships*. SINTEF Academic Press.

Kavallieratos, G., Katsikas, S., & Gkioulos, V. (2019). Cyber-attacks against the autonomous ship. In *Computer Security: ESORICS 2018 International Workshops, CyberICPS 2018 and SECPRE 2018, Barcelona, Spain, September 6–7, 2018, Revised Selected Papers 2* (pp. 20-36). Springer International Publishing.

Kim, T. E., & Schröder-Hinrichs, J. U. (2021). Research developments and debates regarding maritime autonomous surface ship: status, challenges and perspectives. *New Maritime Business: Uncertainty, Sustainability, Technology and Big Data*, 175-197.

Kongsberg. (n.d.). AUTONOMOUS SHIP PROJECT, KEY FACTS ABOUT YARA BIRKELAND. Ανάκτηση από Kongsberg: <https://www.kongsberg.com/maritime/support/themes/autonomous-ship-project-key-facts-about-yara-birkeland/>

Li, S., & Fung, K. S. (2019). Maritime autonomous surface ships (MASS): implementation and legal issues. *Maritime Business Review*, 4(4), 330-339.

Mayflower. (n.d.). It's time for the Mayflower Autonomous Ship. Ανάκτηση από Mayflower Autonomous ship: <https://mas400.com/>

Munim, Z. H. (2019, October). Autonomous ships: a review, innovative applications and future maritime business models. In *Supply Chain Forum: An International Journal* (Vol. 20, No. 4, pp. 266-279). Taylor & Francis.

Pietrzykowski, J., Pietrzykowski, Z., & Hajduk, J. (2019). Operations of maritime autonomous surface ships. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 13(4), 725-733.

Hellenic Blockchain Hub <https://www.blockchain.org.gr/home/mathe/>

Tam, K., & Jones, K. (2018, June). Cyber-risk assessment for autonomous ships. In *2018 International Conference on Cyber Security and Protection of Digital Services (Cyber Security)* (pp. 1-8). IEEE.

Theotokatos, G., Dantas, J.L.D., Polychronidi, G. *et al.* Autonomous shipping — an analysis of the maritime stakeholder perspectives. *WMU J Marit Affairs* **22**, 5–35 (2023). <https://doi.org/10.1007/s13437-022-00290-2>

Tsvetkova, A., Hellström, M. Creating value through autonomous shipping: an ecosystem perspective. *Marit Econ Logist* **24**, 255–277 (2022). <https://doi.org/10.1057/s41278-022-00216-y>

Tusher, H. M., Munim, Z. H., Notteboom, T. E., Kim, T. E., & Nazir, S. (2022). Cyber security risk assessment in autonomous shipping. *Maritime economics & logistics*, 24(2), 208-227.

Wariishi, K. (2019, September). Maritime Autonomous Surface Ships: Development Trends and Prospects—How Digitalization Drives Changes in Maritime Industry. Mitsui & Co. Global Strategic Studies Institute Monthly Report.

Wright, R. G. (2020). *Unmanned and Autonomous Ships: An Overview of MASS*. Oxon: Routledge.

Yara. (2017, May 10). YARA and KONGSBERG enter into partnership to build world's first autonomous and zero emissions ship. Ανάκτηση από Yara: <https://www.yara.com/corporate-releases/yara-and-kongsberg-enter-into-partnership-to-build-worlds-first-autonomous-and-zero-emissions-ship>

Ye, J., Li, C., Wen, W., Zhou, R., & Reppa, V. (2023). Deep Learning in Maritime Autonomous Surface Ships: Current Development and Challenges. *Journal of Marine Science and Application*, 22(3), 584-601.

Xu, H., Moreira, L., & Guedes Soares, C. (2023). Maritime autonomous vessels. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(1), 168.