



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής
Σχεδίασης και Παραγωγής

&

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ**

Τμήμα Ναυτιλίας και
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών



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

ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Χρήση Μη Επανδρωμένων Ιπτάμενων Οχημάτων (UAVs) στη Ναυτιλία, για
τον Ανεφοδιασμό των Πλοίων

ΤΙΤΛΟΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ ΑΓΓΛΙΚΑ

The use of UAVs in Shipping for Vessel Supply

Όνοματεπώνυμο Σπουδαστή:

Ζέρβας Σταμούλης (8056127)

Όνοματεπώνυμο Υπεύθυνης Καθηγήτριας:

Τσιρίμπα Αθηνά

ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021



Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής

Τσιρίμπα Αθηνά

Παπουτσιδάκης Μιχαήλ

Νικητάκος Νικήτας



ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος **Ζέρβας Σταμούλης του Κων/νου**, με αριθμό μητρώου **8056127** φοιτητής του Διδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής της Σχολής Μηχανικών Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ο Δηλών

Ημερομηνία

16/02/2021



ΤΙΤΛΟΣ

Χρήση Μη Επανδρωμένων Ιπτάμενων Οχημάτων (UAVs) στη Ναυτιλία, για τον
Ανεφοδιασμό των Πλοίων

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ

Ζέρβας Σταμούλης

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

Περίληψη

Η εμπορική Ναυτιλία κατέχει πρωταγωνιστικό ρόλο στη δραστηριότητα του διεθνούς εμπορίου, ως βασικός μεταφορέας των αγαθών ανά τον κόσμο. Η εντατική δραστηριότητα του στόλου, συνεπάγεται την ανάγκη της άρτιας υποστήριξης από την ξηρά και την παροχή των απαιτούμενων προμηθειών στα πλοία, προκειμένου να συνεχίζουν αδιάλειπτα το επιχειρησιακό τους έργο. Η εμφάνιση των συστημάτων UAVs στην αγορά και η σταδιακή τους ανάπτυξη και επέκταση στις μεταφορές προϊόντων, σηματοδοτεί μία νέα εποχή στον κλάδο των Logistics.

Παρά το γεγονός ότι η πλειοψηφία των συστημάτων UAVs περιορίζεται μέχρι στιγμής στη μεταφορά και παράδοση μικρών πακέτων, οι κατασκευαστές προχωρούν σταδιακά στην κατασκευή μεγαλύτερων συστημάτων, με καλύτερες δυνατότητες και μεγαλύτερο ωφέλιμο φορτίο. Η πειραματική τους χρήση σε ποικίλες εφαρμογές, αποτελεί ήδη γεγονός για τον κλάδο της Ναυτιλίας, ενώ το μέλλον επιφυλάσσει ακόμη μεγαλύτερο ενδιαφέρον από πλευράς των Ναυτιλιακών εταιρειών, για τις δυνατότητες που υπόσχονται να προσφέρουν.

Το σημαντικότερο ερώτημα είναι εάν τα συστήματα UAVs θα καταφέρουν, εν τέλει, να προσφέρουν αποδοτικές εναλλακτικές λύσεις στις μεταφορές των φορτίων από και προς τα πλοία, στον βαθμό που θα τα οδηγήσει στο να επικρατήσουν απέναντι στα συμβατικά μεταφορικά μέσα, τα οποία καλύπτουν προς το παρόν τις συγκεκριμένες ανάγκες.

Η απάντηση βρίσκεται κάπου στη μέση. Τα UAVs έχουν ήδη επικρατήσει ως δημοφιλή μέσα φωτογράφισης και βιντεοσκόπησης σε ανάλογες εφαρμογές, ενώ στον κλάδο των μεταφορών, εξυπηρετούν προς το παρόν, ένα συγκεκριμένο φάσμα αναγκών. Η εργασία στοχεύει στην ανάδειξη της παρούσας αλλά και μελλοντικής προσφοράς τους στον κλάδο της Ναυτιλίας και στη διερεύνηση της αποδοτικότητάς τους, σε σχέση με τα υπόλοιπα μέσα. Επιπλέον, προσπαθεί να υποδείξει τα υφιστάμενα όρια των μεταφορικών τους δυνατοτήτων, τα οποία αναμένεται να βελτιώνονται σταδιακά, ακολουθώντας τον ρυθμό ανάπτυξης της τεχνολογίας.

Abstract

Commercial Shipping holds a primary role among the world trade activity, as a major global transporter of goods. The intensive world-fleet activity entails the need of an optimal support from the shore, as well as the necessary supply feed, in order to remain full-time operational. The presence of UAV systems in the market, combined with their day-by-day growth and expansion in products transportation, paves the way towards a new Logistics era.

Despite the fact that the majority of UAV systems are limited in the transportation of light packages so far, manufacturers gradually move to the construction of larger systems with greater capabilities and payload capacity. Their use in trial applications is already a fact for the Shipping Industry, whereas their foreseen capabilities are expected to attract more interest from Shipping companies.

The biggest clue, is whether UAVs will finally achieve to offer effective alternatives in all the variety of Naval transportations, in a scale that they will finally conquer the market against the compatible transportation means, that are currently being used for these activities.

The truth lies somewhere in the middle. UAVs are already popular in photo-shooting and video applications, whereas in the Transportation section they can only cover a certain part of the total needs. This paper aims in highlighting the UAVs' present and future contribution to the Shipping Industry, and also in the investigation of their current mission effectiveness, comparing to that of compatible transportation means. Moreover, it attempts to indicate their present limitations, which are likely to improve, following the progress of technology evolution.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	- 1 -
1. Εισαγωγή	- 5 -
1.1 Εισαγωγικές έννοιες	- 5 -
1.2 Στόχοι της εργασίας	- 5 -
1.3 Δομή εργασίας.....	- 6 -
2. Βιβλιογραφική Επισκόπηση	- 7 -
2.1 Η συμβατική μέθοδος ανεφοδιασμού του πλοίου από την ξηρά	- 7 -
2.1.1 Οι συμμετέχοντες.....	- 8 -
2.1.2 Οι βασικές κατηγορίες προμηθειών.....	- 18 -
2.2 Συστήματα UAVs: Δομή κατασκευής – Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	- 19 -
2.2.1 Η τυπική δομή κατασκευής ενός UAV.....	- 21 -
2.2.2 Πρόσθετος εξοπλισμός	- 26 -
2.2.3 Βασικά κριτήρια για την επιλογή προαιρετικού εξοπλισμού UAV	- 27 -
2.2.4 Κατηγοριοποίηση UAVs	- 28 -
2.3 Το νομικό πλαίσιο της χρήσης UAVs.....	- 29 -
2.3.1 Το θεσμικό πλαίσιο στις ΗΠΑ.....	- 30 -
2.3.2 Το θεσμικό πλαίσιο στην Ευρώπη.....	- 33 -
2.3.3 Το θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα.....	- 35 -
2.4 Τα UAVs ως σύγχρονα μέσα μεταφοράς φορτίων	- 38 -
2.4.1 Παραδείγματα σύγχρονων εφαρμογών CUAVs.....	- 39 -
2.4.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των CUAVs.....	- 41 -
2.4.3 Η προοπτική της εξέλιξης των CUAVs.....	- 42 -
2.4.4 Οι προκλήσεις για την ανάπτυξη Heavy Lift CUAVs.....	- 46 -
2.4.5 Η επιλογή της κατάλληλης πλατφόρμας CUAV	- 48 -
3. Μεθοδολογία.....	- 50 -
3.1 Ερευνητική Προσέγγιση	- 50 -
3.2 Σχεδιασμός Εργαλείου	- 51 -
4. Υλοποίηση	- 52 -
4.1 Πιθανές περιπτώσεις μεταφοράς ειδών με CUAVs, στη Ναυτιλία	- 52 -
4.2 Μεταφερόμενα είδη – Ποσοτικά Χαρακτηριστικά.....	- 53 -

4.3	Προσδιορισμός του πεδίου πιθανών εφαρμογών CUAVs.....	- 56 -
4.4	Συγκριτική αξιολόγηση των μεταφορικών μέσων (“MCDA”).....	- 59 -
4.4.1	Υποψήφια μέσα αξιολόγησης.....	- 61 -
4.4.2	Αξιολογούμενες συνθήκες μεταφοράς	- 62 -
4.4.3	Κριτήρια αξιολόγησης.....	- 63 -
4.4.3.1	Αξιολόγηση του κόστους μεταφοράς.....	- 64 -
4.4.3.2	Αξιολόγηση του χρόνου μεταφοράς.....	- 66 -
4.4.3.3	Αξιολόγηση της διαθεσιμότητας του μέσου	- 67 -
4.4.3.4	Αξιολόγηση του ωφέλιμου φορτίου	- 69 -
5.	Ανάλυση.....	- 70 -
5.1	Σχολιασμός/ Ανάλυση των περιπτώσεων μεταφοράς.....	- 70 -
5.1.1	Επείγουσες παραδόσεις μικρών φορτίων στα πλοία	- 70 -
5.1.2	Παράδοση φαρμάκων/ Ιατρικού εξοπλισμού	- 71 -
5.1.3	Ανταλλαγή διοικητικών & εμπορικών εγγράφων	- 73 -
5.1.4	Παράδοση κρίσιμων ανταλλακτικών και εξοπλισμού.....	- 74 -
5.1.5	Διάσωση πληρώματος (Μεταφορά σωστικών μέσων, προσώπων).-	- 76 -
6.	Συμπεράσματα – Προτάσεις – Περιορισμοί Έρευνας.....	- 77 -
6.1	Συμπεράσματα	- 77 -
6.2	Περιορισμοί έρευνας – Περιθώρια για μελλοντική μελέτη	- 79 -
7.	Ανάπτυξη υποθετικού μοντέλου σταθμού CUAVs.....	- 81 -
7.1	Το υποθετικό μοντέλο μελέτης	- 81 -
7.2	Προσδιορισμός της γεωγραφικής περιοχής μελέτης του μοντέλου.....	- 82 -
7.3	Θέση σταθμού CUAVs – Χαρακτηριστικά και Δυνατότητες.....	- 84 -
7.4	Περιοχές Περιορισμού/ Απαγόρευσης πτήσεων UAVs.....	- 90 -
7.5	Διαθέσιμα συστήματα CUAVs	- 92 -
7.6	Εμβέλεις εξυπηρέτησης πλοίων	- 95 -
7.7	Χρόνοι μεταφοράς πακέτων.....	- 97 -
7.8	Σενάριο μεταφοράς μεγάλου φορτίου σε πακέτα (εφοδιασμός).....	- 99 -
8.	Βιβλιογραφία	- 104 -

1. Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγικές έννοιες

Η συνεχής ανάπτυξη της δραστηριότητας του παγκόσμιου εμπορίου, σε συνδυασμό με τον πρωταγωνιστικό ρόλο που κατέχει σε αυτό η Ναυτιλία, ως διεθνής μεταφορέας των αγαθών, δημιουργούν τεράστιες προκλήσεις για τον παγκόσμιο εμπορικό στόλο. Για τον λόγο αυτό, πρωταρχικός στόχος όλων των ναυτιλιακών εταιρειών, είναι η ανάπτυξη ενός άρτιου και αποτελεσματικού δικτύου υποστήριξης των πλοίων από την ξηρά, προκειμένου να παραμένουν λειτουργικά και να εκτελούν απροβλημάτιστα τα εμπορικά τους ταξίδια. Αυτή η επιδίωξη, συνεπάγεται τον σωστό προγραμματισμό του εφοδιασμού των πλοίων με τις απαραίτητες προμήθειες, αλλά και την ικανότητα της άμεσης αντιμετώπισης έκτακτων περιστατικών, όπως η αστοχία κρίσιμων υλικών ή η παρουσία επικίνδυνων καταστάσεων που διακυβεύουν την ασφάλεια του πλοίου ή προκαλούν ανεπιθύμητες καθυστερήσεις στο επιχειρησιακό έργο του στόλου.

Η αντίστοιχη ανάπτυξη που σημειώνουν τα συστήματα UAVs τα τελευταία χρόνια, έχει ανοίξει τον δρόμο προς νέες εμπορικές εφαρμογές, πέραν από την ψυχαγωγική τους χρήση, ως μέσα φωτογραφίας και βιντεοσκόπησης. Ειδικότερα για τον τομέα των μεταφορών, το μέλλον φαίνεται να στηρίζεται πάνω στην εντατική τους χρήση ως ευέλικτα μεταφορικά μέσα, τα οποία θα προσφέρουν οικονομικότερους, γρηγορότερους και φιλικότερους προς το περιβάλλον τρόπους μεταφοράς και παράδοσης των αγαθών.

1.2 Στόχοι της εργασίας

Η παρούσα εργασία συντάχθηκε με σκοπό να διερευνήσει τους πιθανούς τρόπους με τους οποίους η Ναυτιλία θα μπορούσε να επωφεληθεί από αυτήν την τεχνολογική καινοτομία των UAVs, καθώς επίσης και τον βαθμό στον οποίο τα εν λόγω συστήματα, θα καταφέρουν να προσφέρουν βιώσιμες και αποδοτικές εναλλακτικές λύσεις. Οι ιδιαιτερότητες του κλάδου θα παίξουν καθοριστικό ρόλο στην έκβαση του τελικού αποτελέσματος και σίγουρα θα δημιουργήσουν εξαιρετικές

προκλήσεις στους νέους κατασκευαστές UAVs, που θα επιχειρήσουν να εξασφαλίσουν την παρουσία τους στον χώρο της Ναυτιλίας.

Στις ενότητες που ακολουθούν, θα μελετηθούν οι σύγχρονες δυνατότητες των UAVs, καθώς και η προοπτική της εξέλιξής τους στο εγγύς μέλλον. Παράλληλα, θα γίνει παραπομπή σε υφιστάμενες εφαρμογές τους στον Κλάδο των “Logistics” ως μέσα μεταφοράς πακέτων, ενώ θα παρουσιαστεί και το Θεσμικό πλαίσιο που αναπτύχθηκε για να καλύψει την αυξανόμενη παρουσία τους στον εναέριο χώρο. Τέλος, θα αξιολογηθεί ο τρόπος και ο αντίστοιχος βαθμός, στους οποίους τα UAVs θα μπορούσαν να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους, προς όφελος της Ναυτιλίας.

Τα δύο κύρια ερευνητικά ερωτήματα, τα οποία επιχειρεί να απαντήσει η εργασία είναι τα ακόλουθα:

α) Να διευκρινιστεί εάν τα UAVs είναι σε θέση να καλύψουν ένα ποσοστό των μεταφορικών αναγκών στη Ναυτιλία, οι οποίες σχετίζονται με την υποστήριξη των πλοίων από την ξηρά.

β) Να εκτιμηθεί σε ποιες από τις ανωτέρω περιπτώσεις, τα UAVs θα μπορούσαν να προσφέρουν αποδοτικότερες μεταφορικές λύσεις, σε όρους κόστους και χρόνου.

1.3 Δομή εργασίας

Η εργασία ξεκινά με τη μελέτη της υφιστάμενης βιβλιογραφίας, στα θέματα του τυπικού ανεφοδιασμού των πλοίων από την ξηρά, με τον τρόπο που διεξάγεται μέχρι σήμερα και στην τεχνολογία των συστημάτων UAVs, δίνοντας μία γενική άποψη για τη δομή και τα βασικά τους υποσυστήματα. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το αντίστοιχο θεσμικό πλαίσιο που διέπει την λειτουργία τους και αναφέρονται σύγχρονα παραδείγματα της χρήσης τους, ως μέσα μεταφοράς.

Στην τρίτη ενότητα, παρουσιάζεται η μεθοδολογία που θα ακολουθήσει η μελέτη, καθώς και τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν, ενώ οι δύο ακόλουθες ενότητες αφορούν την υλοποίηση της μελέτης και την ανάλυση των σχετικών αποτελεσμάτων της έρευνας.

Τέλος, παρατίθενται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας και διατυπώνονται οι αντίστοιχοι περιορισμοί που επηρέασαν την έρευνα. Η εργασία κλείνει με την ανάπτυξη ενός υποθετικού μοντέλου μελέτης, το οποίο αφορά την λειτουργία ενός σταθμού εξυπηρέτησης πλοίων με UAVs, ώστε να δοθεί μία αναπαράσταση της πιθανής αλληλεπίδρασης των συστημάτων με το περιβάλλον, σε μια πραγματική περίπτωση.

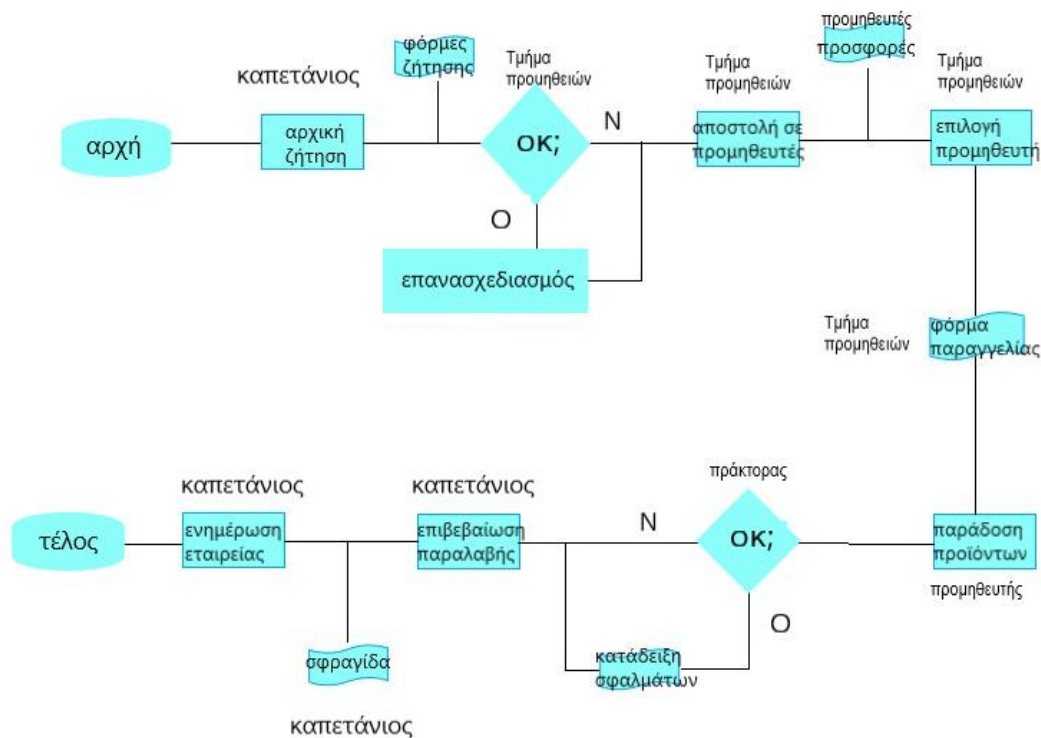
2. Βιβλιογραφική Επισκόπηση

2.1 Η συμβατική μέθοδος ανεφοδιασμού του πλοίου από την ξηρά

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, η επιχειρησιακή λειτουργία του στόλου, απαιτεί την άρτια και αδιάλειπτη υποστήριξή του από την ξηρά, ώστε να καλύπτονται όλες οι ανάγκες για εφόδια κάθε είδους (από τρόφιμα μέχρι ανταλλακτικά εξοπλισμού) και τα πλοία να παραμένουν λειτουργικά. Για λόγους εξοικονόμησης χρόνου και κόστους, κάθε πλοίο εφοδιάζεται ανά χρονικά διαστήματα (συνήθως μεταξύ 60-90 ημερών) με ένα σύνολο προϊόντων διαφόρων κατηγοριών, τα οποία προβλέπεται να καλύψουν όλες τις εν πλω απαιτήσεις, μέχρι τον επόμενο ανεφοδιασμό. Φυσικά, παρά την οργάνωση και τον σωστό προγραμματισμό των εταιρειών, η παρουσία έκτακτων περιστατικών (βλάβες, τραυματισμοί προσωπικού, απώλεια αποθεμάτων) που απαιτούν εκ νέου βοήθεια από την ξηρά, εξακολουθεί να υφίσταται.

Στην ακόλουθη ενότητα, αναφέρονται τα χαρακτηριστικά του παραδοσιακού τρόπου ανεφοδιασμού, ο οποίος λαμβάνει χώρα σε κάποιο λιμάνι τροφοδοσίας, κατόπιν συντονισμού μεταξύ όλων των εμπλεκομένων. Επίσης, παρουσιάζονται τα επιμέρους στάδια της διαδικασίας, από την αρχική εκδήλωση της ζήτησης των προϊόντων από το πλήρωμα του πλοίου, μέχρι την τελική τους παραλαβή, ενώ παράλληλα αναφέρονται και οι βασικοί συμμετέχοντες που λαμβάνουν μέρος στη ροή της διαδικασίας, μαζί με τα αντίστοιχα καθήκοντα και τις ξεχωριστές αρμοδιότητες που χαρακτηρίζουν τον καθένα.

Στο ακόλουθο διάγραμμα ροής, παρουσιάζονται τα επιμέρους στάδια της συμβατικής μεθόδου ανεφοδιασμού των πλοίων στα λιμάνια, μαζί με τους αρμόδιους συμμετέχοντες, και τις αντίστοιχες ενέργειες του καθενός, κατά την πρόοδό της.



Σχήμα1 : Τα επιμέρους στάδια της διαδικασίας ανεφοδιασμού πλοίου σε λιμάνι

2.1.1 Οι συμμετέχοντες

Ο τυπικός ανεφοδιασμός του πλοίου με προμήθειες, αποτελεί μία σύνθετη διαδικασία, η οποία απαιτεί την συνεργασία μεταξύ των συμμετεχόντων σε όλα τα επιμέρους στάδια, από την αρχική απαίτηση των υλικών από το πλήρωμα του πλοίου, μέχρι την φόρτωση των προμηθειών και τον απόπλου από το λιμάνι. Οι βασικοί συμμετέχοντες σε έναν τυπικό ανεφοδιασμό, είναι οι εξής:

- Το πλοίο που αιτείται και εφοδιάζεται με τις προμήθειες.
- Η Ναυτιλιακή Εταιρεία στην οποία ανήκει το πλοίο.
- Οι προμηθευτές των εμπορευμάτων.
- Οι μεταφορείς – φορτωτές των εμπορευμάτων.
- Το λιμάνι τροφοδοσίας, το οποίο θα φιλοξενήσει το πλοίο για τον ανεφοδιασμό.

- Οι ενδιάμεσοι λιμενικοί πράκτορες της περιοχής.
- Οι τοπικές τελωνειακές και λιμενικές αρχές.

α) Το πλοίο

Το πλήρωμα του πλοίου, αποτελεί πρακτικά τον πρώτο συμμετέχοντα της διαδικασίας, από τον οποίο προκύπτει η αρχική ζήτηση των απαιτούμενων υλικών, ώστε το πλοίο να παραμένει λειτουργικό και να είναι σε θέση να εκπληρώσει την αποστολή του στο εγγύς μέλλον. Ο Πλοίαρχος λαμβάνει συνεχή ενημέρωση από τον Α' Μηχανικό και τους επικεφαλής των επιστασιών του πλοίου, για τα διαθέσιμα αποθέματα, καθώς και για τον υπολειπόμενο χρόνο έως ότου χρειαστεί να αναπληρωθούν. Τα στοιχεία αυτά, παίζουν σημαντικό ρόλο στον προγραμματισμό του ανεφοδιασμού και θα πρέπει να καταγράφονται σχολαστικά και να επαληθεύονται για την ακρίβειά τους, προτού να διαβιβαστούν στο αρμόδιο τμήμα της Ναυτιλιακής εταιρείας, για τις μετέπειτα ενέργειες.

Βάσει των ανωτέρω στοιχείων, το πλήρωμα συμπληρώνει τις λεγόμενες «φόρμες ζήτησης» των υλικών, οι οποίες στη συνέχεια αποστέλλονται στον Διευθυντή του Τμήματος Προμηθειών της Ναυτιλιακής Εταιρείας, στην οποία ανήκει το πλοίο. Οι φόρμες ζήτησης, περιέχουν όλες τις πληροφορίες για τα αιτούμενα υλικά όπως: κωδικός προϊόντος - περιγραφή υλικού - κωδικός κατασκευαστή (αν πρόκειται για συγκεκριμένα υλικά/ εξαρτήματα που αφορούν κυρίως τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό του πλοίου) - συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά - υφιστάμενες ποσότητες στο πλοίο και μέχρι πότε επαρκούν - νέες απαιτούμενες ποσότητες στο πλοίο κλπ. Για οποιαδήποτε έκτακτη μεταβολή των στοιχείων, η οποία δεν έχει προλάβει να συμπεριληφθεί στις φόρμες ζήτησης, ο Πλοίαρχος επικοινωνεί προφορικά με το Τμήμα Προμηθειών, για την άμεση επικαιροποίηση των στοιχείων, πριν την παραγγελία των υλικών.

Για κάθε κατηγορία ζητούμενων προϊόντων/ υλικών, συμπληρώνεται και μία αντίστοιχη φόρμα ζήτησης, από τα άτομα του πληρώματος που είναι αρμόδια να την συντάξουν και να αιτηθούν τις αντίστοιχες αγορές. Για παράδειγμα, η φόρμα ζήτησης τροφίμων, μπορεί να συμπληρώνεται μόνο από τον μάγειρα του πλοίου, ενώ η αντίστοιχη φόρμα ζήτησης ανταλλακτικών και μηχανολογικού εξοπλισμού, μπορεί

να συμπληρώνεται από τον Α' μηχανικό και το τεχνικό προσωπικό του πλοίου και έπειτα να ελέγχεται και να εγκρίνεται από τον διαχειριστή του στόλου (Fleet Manager), πριν την υποβολή της παραγγελίας.

Ομοίως, με την ολοκλήρωση του ανεφοδιασμού και την παραλαβή των αιτούμενων προμηθειών, ο Πλοίαρχος, ο Α' Μηχανικός και κάθε άλλο αρμόδιο πρόσωπο εν πλω, είναι υπεύθυνοι να επιβεβαιώσουν την έγκυρη παραλαβή τους, ελέγχοντας τα στοιχεία από τις «Φόρμες Παραγγελίας» που εξέδωσε η εταιρεία προς τους εκάστοτε προμηθευτές. Στη συνέχεια, ο Πλοίαρχος αναλαμβάνει να ενημερώσει τον Διευθυντή του Τμήματος Προμηθειών, για την επιτυχή ολοκλήρωση της διαδικασίας (Brynhildsvoll and Abrahamsen, 2002).

Αρμοδιότητες Πλοίαρχου/ Α' Μηχανικού/ Πληρώματος

- Η τακτική παρακολούθηση των διαθέσιμων αποθεμάτων στο πλοίο και η έγκαιρη υποβολή αιτήσεων προς την Εταιρεία, για ανεφοδιασμό σε προμήθειες.
- Η λεπτομερής ενημέρωση της Εταιρείας για το είδος και τις ποσότητες των απαιτούμενων προμηθειών, καθώς και για το ρυθμό κατανάλωσής τους.
- Η έγκαιρη επικοινωνία με τον τοπικό πράκτορα στο λιμάνι ανεφοδιασμού, ώστε να καθοριστούν οι λεπτομέρειες της παράδοσης/ φόρτωσης των προμηθειών.
- Ο έλεγχος όλων των σχετικών με την προμήθεια εγγράφων (δελτία παραγγελίας - τιμολόγια - αποδείξεις) για την ορθότητα των στοιχείων τους και η υπογραφή τους, κατά την παραλαβή των προϊόντων.
- Η ενημέρωση της Εταιρείας για την ομαλή ολοκλήρωση της διαδικασίας ανεφοδιασμού, ή για τυχόν προβλήματα που προέκυψαν, πριν τον απόπλου του πλοίου από το λιμάνι.

β) Η Ναυτιλιακή Εταιρεία

Οι φόρμες ζήτησης κάθε πλοίου, διαβιβάζονται στο Τμήμα Προμηθειών της Ναυτιλιακής Εταιρείας, το οποίο είναι αρμόδιο για την συγκέντρωση των στοιχείων από το σύνολο του στόλου και την οργάνωση/ προγραμματισμό του ανεφοδιασμού τους. Στις μεγάλες Εταιρείες, συνήθως υφίσταται ξεχωριστό τμήμα Προμηθειών (λόγω του μεγαλύτερου φόρτου εργασίας), ενώ στις μικρότερες, τα σχετικά καθήκοντα εκτελούνται από το προσωπικό του Τεχνικού Τμήματος της Εταιρείας. Το τμήμα στελεχώνεται από έμπειρους εργαζόμενους του χώρου (συνήθως έναν Πλοίαρχο και έναν Μηχανικό του Ε.Ν.) καθώς και από στελέχη λοιπών επιστημονικών κλάδων, όπως πχ τις Οικονομικές επιστήμες και τα Logistics.

Με την παραλαβή των εντύπων ζήτησης από τα πλοία, οι φόρμες ανατίθενται στα αρμόδια μέλη του τμήματος, τα οποία αναλαμβάνουν τον έλεγχο των αναγραφόμενων στοιχείων, σε όρους ποσότητας και κατηγορίας υλικών. Στη συνέχεια, διεξάγουν έρευνα στην αγορά για την εύρεση των καταλληλότερων προμηθευτών σε όρους κόστους, ποιότητας και διαθεσιμότητας των εκάστοτε υλικών. Μετά τη σύγκριση των διαθέσιμων προφορών και την επιλογή των τελικών προμηθευτών, γίνεται η μεταξύ τους συνεννόηση για τον επιθυμητό τόπο και χρόνο παράδοσης των προϊόντων (Hutchins, 1992). Η εν λόγω συνεννόηση, εμπλέκει συνήθως και τον αντίστοιχο λιμενικό πράκτορα της περιοχής παράδοσης, με τον οποίο συνεργάζεται η Εταιρεία.

Τέλος, με την ολοκλήρωση της διαδικασίας, το τμήμα λαμβάνει την ενημέρωση από το πλήρωμα του πλοίου, για την ομαλή διεξαγωγή της και την παραλαβή των προϊόντων (Nydick and Hill, 1992).

Πέραν όμως των καθηκόντων που σχετίζονται με τον περιοδικό ανεφοδιασμό των πλοίων, το προσωπικό των εταιρειών θα πρέπει να είναι σε θέση να ανταποκριθεί άμεσα και στα έκτακτα περιστατικά του στόλου που απαιτούν υποστήριξη από την ξηρά. Για το λόγο αυτό, οι εταιρείες θα πρέπει να αναπτύξουν παράλληλα και τα κατάλληλα σχέδια διαχείρισης κινδύνου, ώστε να αποτρέπουν τις

πιθανές καθυστερήσεις και δυσλειτουργίες του στόλου, κατά τη διάρκεια των ταξιδιών του.

Αρμοδιότητες Τμήματος Προμηθειών Ν.Ε.

- Η αξιολόγηση των αιτήσεων του πλοίου για νέες προμήθειες και ο καθορισμός των τελικών ειδών και ποσοτήτων που θα αγοραστούν.
- Η έρευνα της αγοράς για την εύρεση του καλύτερου δυνατού συνδυασμού ποιότητας/ κόστους των υλικών.
- Η αξιολόγηση των εισερχόμενων προσφορών και η επιλογή αξιόπιστων προμηθευτών.
- Η ενημέρωση και εξουσιοδότηση του αρμόδιου λιμενικού πράκτορα, για τη διευθέτηση των θεμάτων που αφορούν την παραλαβή των προϊόντων από τους προμηθευτές και τη μεταφορά τους στο πλοίο.
- Η επικοινωνία με το πλοίο, για την επιβεβαίωση της επιτυχούς παραλαβής των προμηθειών και την ολοκλήρωση της διαδικασίας.
- Η ανάπτυξη αποδοτικού σχεδίου διαχείρισης κινδύνων (Risk Management Plan) για την άμεση αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών.

Πέραν όμως από τα πρακτικά ζητήματα που αφορούν την οργάνωση και την υλοποίηση του ανεφοδιασμού, πρωταρχικής σημασίας για τη Ναυτιλιακή Εταιρεία αποτελεί και η επίτευξη των ακόλουθων στόχων:

- Η εξοικονόμηση πόρων για την Εταιρεία, με την επιλογή των οικονομικότερων προμηθευτών, χωρίς όμως να διακυβεύεται η ποιότητα των προϊόντων.
- Η θεμελίωση μίας πάγιας συνεργασίας με αξιόπιστους και αποδοτικούς προμηθευτές, η οποία θα μειώσει το ρίσκο μίας μελλοντικής «κακής αγοράς» προϊόντων (Zhang et al., 2003).
- Η βελτίωση του συνόλου της διαδικασίας, μέσα από τον έγκαιρο και έγκυρο προγραμματισμό των ανεφοδιασμών, η οποία μεταφράζεται σε εξοικονόμηση πολύτιμου επιχειρησιακού χρόνου για τον στόλο.

- Η μείωση της απαιτούμενης γραφειοκρατίας, μέσα από την ορθή διαχείριση όλων των απαιτούμενων εγγράφων (παραγγελίες, τιμολόγια, δελτία αποστολής κλπ) και τον εκσυγχρονισμό των μεθόδων παραγγελίας και πληρωμής των ειδών (πχ ηλεκτρονικές πληρωμές).

γ) Οι Προμηθευτές

Οι προμηθευτές, είναι τα πρόσωπα της αγοράς που παράγουν ή εμπορεύονται τα προϊόντα που διατίθενται στα πλοία. Προκειμένου να παραμένουν ανταγωνιστικοί, θα πρέπει να διατηρούν χαμηλές τις τιμές των εμπορευμάτων τους (χωρίς να κάνουν εκπτώσεις στην ποιότητα) και να διατηρούν επαρκή αποθέματα στις αποθήκες τους, ώστε να είναι σε θέση να καλύψουν άμεσα τη ζήτηση της αγοράς.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι προμηθευτές αναλαμβάνουν οι ίδιοι τη μεταφορά των προϊόντων τους στα λιμάνια ανεφοδιασμού, ώστε να μην επιβαρύνονται με πρόσθετα μεταφορικά έξοδα κατά την πώληση. Υφίστανται όμως και περιπτώσεις που οι προμηθευτές συνεργάζονται με ανεξάρτητους μεταφορείς, για την προώθηση των προϊόντων τους στους πελάτες (πλοία).

Η επιλογή των καταλληλότερων προμηθευτών, αποτελεί μία σοβαρή απόφαση των Ναυτιλιακών Εταιρειών, οι οποίες τείνουν να αναπτύσσουν σταθερές σχέσεις συνεργασίας μαζί τους. Για τον λόγο αυτό, οι προμηθευτές θα πρέπει να δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στα ακόλουθα χαρακτηριστικά (Mandal and Deschmukh, 1994):

- Την τιμή πώλησης των αγαθών
- Την ποιότητα των προϊόντων
- Τις παρεχόμενες υπηρεσίες
- Τη διαθεσιμότητα των προϊόντων τους

Για την εξασφάλιση ενός σταθερού δικτύου αξιόπιστων και οικονομικών προμηθευτών, το 1955 ιδρύθηκε ο Διεθνής Οργανισμός Προμηθευτών και Παρόχων Υπηρεσιών Πλοίων “I.S.S.A” (από τα αρχικά των λέξεων “International Ship-suppliers and Service Association”) στον οποίο σήμερα συγκαταλέγονται

περισσότεροι από 1500 προμηθευτές, οι οποίοι δραστηριοποιούνται στα μεγαλύτερα λιμάνια ανά τον κόσμο, σε περισσότερες από 40 χώρες. Σκοπός του οργανισμού είναι η διατήρηση της ομαλής διεξαγωγής του εμπορίου τροφοδοσίας, μέσα από την εξασφάλιση σταθερά χαμηλών τιμών, τη διασφάλιση της ποιότητας και τον υγιή ανταγωνισμό μεταξύ των προμηθευτών-μελών του. Η εισαγωγή των προμηθευτών στον οργανισμό, συνεπάγεται μία σειρά αυστηρών ελέγχων και πιστοποιήσεων (<https://shipsupply.org>, 05/10/2020).

Αρμοδιότητες Προμηθευτών

- Η διατήρηση επαρκών αποθεμάτων προϊόντων στις αποθήκες τους ή (εναλλακτικά) η δυνατότητα έγκαιρης παραλαβής τους, από τους συνεργάτες εμπόρους.
- Η προσφορά ανταγωνιστικών τιμών και προϊόντων υψηλής ποιότητας.
- Ο συντονισμός με το Τμήμα Προμηθειών για τις λεπτομέρειες της παραγγελίας και της παράδοσης.
- Η επικοινωνία με τον τοπικό λιμενικό πράκτορα για τις λεπτομέρειες της παράδοσης.
- Η έγκαιρη παράδοση των ειδών στον τόπο και χρόνο που έχει συμφωνηθεί με την Εταιρεία.
- Η εξασφάλιση όλων των απαραίτητων νόμιμων εγγράφων που διέπουν την πώληση των αγαθών (δελτία αποστολής – τιμολόγια – αποδείξεις).
- Ο εκτελωνισμός των προϊόντων (εάν απαιτείται).

δ) Οι φορτωτές – μεταφορείς των ειδών στο πλοίο.

Οι μεταφορείς είναι συνήθως μικρές επιχειρήσεις με μηχανοκίνητα σκάφη μικρού μεγέθους («λάντζες»), οι οποίες αναλαμβάνουν να μεταφέρουν τις προμήθειες από το λιμάνι στο πλοίο, το οποίο έχει αγκυροβολήσει σε κάποια απομακρυσμένη αποβάθρα, στο εξωτερικό μέρος του λιμανιού και περιμένει την τροφοδοσία. Η μοναδική τους αρμοδιότητα, είναι να μεταφέρουν το φορτίο στο πλοίο σύντομα και με ασφάλεια.

ε) Τα λιμάνια ανεφοδιασμού

Όπως αναφέρεται και στον τίτλο τους, είναι τα λιμάνια στα οποία πραγματοποιείται ο ανεφοδιασμός του πλοίου με προμήθειες. Το προσωπικό τους είναι αρμόδιο να υποδείξει στο πλοίο τη θέση αγκυροβολισμού που του αντιστοιχεί και να παράσχει οποιαδήποτε βοήθεια (πχ Pilots).

Στις περιπτώσεις που η παραλαβή συγκεκριμένων ειδών (πχ ανταλλακτικά μεγάλου βάρους ή μηχανολογικός εξοπλισμός κλπ) απαιτεί την είσοδο του πλοίου στο λιμάνι, τότε αυτό επιβαρύνεται με αντίστοιχα έξοδα ελλιμενισμού, τα οποία διαμορφώνονται ανάλογα με τη θέση και τη διάρκεια παραμονής του. Τα εν λόγω έξοδα διαφέρουν από λιμάνι σε λιμάνι. Κατά συνέπεια, η έγκαιρη υλοποίηση της διαδικασίας του εφοδιασμού, είναι εξαιρετικά σημαντική ώστε να περιοριστούν επιπλέον έξοδα και καθυστερήσεις.

Τα λιμάνια με τη σειρά τους, θα πρέπει να φροντίζουν να παρέχουν διευκολύνσεις στα πλοία για τον ανεφοδιασμό τους, σε όρους παροχής οικονομικών υπηρεσιών, τελωνειακών εξόδων, γραφειοκρατίας κλπ ώστε να γίνονται πιο ελκυστικά προς τις Εταιρείες που αναζητούν την βέλτιστη λύση για τον ανεφοδιασμό των πλοίων τους.

Λαμβάνοντας υπόψη τα στατιστικά στοιχεία σχετικής έρευνας που διεξήχθη το 2015 από το Πανεπιστήμιο Πειραιώς*, ως προς την προτίμηση συγκεκριμένων λιμανιών για τον εφοδιασμό των πλοίων με προμήθειες, την πρώτη θέση φαίνεται να κατέχουν τα λιμάνια της Σιγκαπούρης (85%), της Ολλανδίας (37%) και του Πειραιά (24%), λόγω των ικανοποιητικών τιμών τους και της ποιότητας των προϊόντων που προσφέρουν.

Ακολουθούν τα λιμάνια της Κίνας (21%), τα οποία προσφέρουν επίσης χαμηλές τιμές, αλλά με λιγότερο ικανοποιητική ποιότητα προϊόντων. Τα συγκεκριμένα λιμάνια μάλιστα, αποφεύγονται για τον ανεφοδιασμό σε συγκεκριμένα προϊόντα (κυρίως ανταλλακτικά ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού), καθώς δεν υπάρχει εμπιστοσύνη των εταιρειών ως προς την αξιοπιστία τους και θεωρείται ότι αυξάνεται το ρίσκο κρίσιμων βλαβών στο πλοίο κατά τη διάρκεια των

εμπορικών ταξιδιών τους. Στην ίδια κατηγορία προτίμησης (περίπου 20%) εντάσσονται και τα λιμάνια των Αραβικών Εμιράτων

(*Έρευνα του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς, ανάμεσα σε 38 ναυτιλιακές εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα, αναφορικά με την επιλογή του βέλτιστου λιμανιού ανεφοδιασμού των πλοίων τους, 2015).

Αρμοδιότητες Λιμένα Τροφοδοσίας
<ul style="list-style-type: none">• Η παροχή θέσης αγκυροβόλησης του πλοίου για την φόρτωση των προμηθειών• Η παροχή των κατάλληλων μέσω υποστήριξης στο πλοίο (εάν απαιτηθεί).• Η διασφάλιση όλων των απαιτούμενων συνθηκών και μέτρων ασφαλείας, για την αποφυγή ατυχημάτων και επικίνδυνων καταστάσεων.

στ) Οι Λιμενικοί Πράκτορες

Οι πράκτορες αποτελούν κομβικούς συνεργάτες της Εταιρείας, οι οποίοι αναλαμβάνουν τον συντονισμό μεταξύ των εμπλεκόμενων, για την ομαλή διεξαγωγή του εφοδιασμού του πλοίου στο λιμάνι αρμοδιότητάς τους. Βρίσκονται σε επικοινωνία με το πλοίο, την Εταιρεία και τους προμηθευτές, για τις λεπτομέρειες της διαδικασίας, τον έλεγχο των απαιτούμενων εγγράφων που συνοδεύουν τα υλικά, καθώς και για να επιλύσουν τυχόν προβλήματα που ενδέχεται να προκύψουν κατά την άφιξη των προμηθειών και τη μεταφορά τους στο πλοίο.

Στην πραγματικότητα, ο λιμενικός πράκτορας αποτελεί την άμεση εκπροσώπηση της Εταιρείας στο λιμάνι απέναντι στους προμηθευτές και είναι εκείνος που θα πραγματοποιήσει τον πρώτο έλεγχο κατά την παραλαβή των προϊόντων, ώστε να αναγνωρίσει και να καταδείξει τυχόν σφάλματα στα παραστατικά του προμηθευτή (αποδείξεις, τιμολόγια, δελτία αποστολής κλπ).

Αρμοδιότητες Λιμενικού Πράκτορα

- Η επικοινωνία με την Εταιρεία, ώστε να ενημερωθεί για τα στοιχεία της παραγγελίας, την ταυτότητα των προμηθευτών και την ημερομηνία παράδοσης των ειδών.
- Η επικοινωνία με το πλοίο, ώστε να γνωρίζει την ακριβή ώρα άφιξής του στο λιμάνι.
- Η επικοινωνία με τους προμηθευτές για να βεβαιωθεί ότι τα προϊόντα έχουν φτάσει έγκαιρα στο λιμάνι, έχουν περάσει τους προβλεπόμενους ελέγχους και τον εκτελωνισμό και είναι έτοιμα να φορτωθούν στο πλοίο.
- Η επίβλεψη της μεταφοράς των ειδών στο πλοίο.
- Η ενημέρωση της Εταιρείας για τυχόν προβλήματα που προκύπτουν στο ενδιάμεσο της διαδικασίας.
- Ο έλεγχος όλων των απαραίτητων εγγράφων, για τη λογιστική τακτοποίηση των υλικών που θα φορτωθούν στο πλοίο (Τιμολόγια, Packing Lists κλπ).
- Η συνεργασία με τις τοπικές λιμενικές αρχές, για την αποφυγή ανεπιθύμητων καθυστερήσεων.

ζ) Λιμενικές Αρχές - Τελωνείο

Οι τοπικές Λιμενικές Αρχές και το Τελωνείο έχουν κυρίως εποπτεύοντα ρόλο στη διαδικασία του εφοδιασμού, καθώς αρμοδιότητά τους είναι να ελέγξουν την νομιμότητα των προϊόντων και της διαδικασίας και να επιβάλουν τους προβλεπόμενους δασμούς εκτελωνισμού, επ' ωφελεία του κράτους. Το έργο τους ενδέχεται να επηρεάζει την ταχύτητα διεξαγωγής του ανεφοδιασμού, ανάλογα με τη γραφειοκρατία που ακολουθείται σε κάθε λιμάνι.

Αρμοδιότητες Λιμενικών Αρχών/ Τελωνείου

- Η διατήρηση χαμηλών τελωνειακών χρεώσεων και κόστους ελλιμενισμού.
- Η μείωση της απαιτούμενης γραφειοκρατίας, για τη γρήγορη διεκπεραίωση των απαιτούμενων διαδικασιών.

2.1.2 Οι βασικές κατηγορίες προμηθειών

Τα συνήθη υλικά με τα οποία εφοδιάζεται τακτικά ένα πλοίο, αποκαλούνται ως “Stores” και διακρίνονται σε επιμέρους κατηγορίες, ανάλογα με τι είδος και τη χρησιμότητά τους. Οι βασικές τους κατηγορίες είναι οι ακόλουθες:

- Γενικές προμήθειες (Provisions)
- Προμήθειες Καμπίνας (Cabin Stores)
- Προμήθειες Γερανών (Stationery)
- Προμήθειες Καταστρώματος (Deck Stores)
- Προμήθειες Μηχανών (Engine stores)
- Εξοπλισμός ασφαλείας (Safety stores)
- Χημικά αναλώσιμα (Chemicals)
- Χρώματα/ Βαφές (Paints)

και περιλαμβάνουν συγκεντρωτικά τα ακόλουθα προϊόντα:

- Τρόφιμα πληρώματος
- Είδη πρώτης ανάγκης και ιματισμού
- Φάρμακα και ιατρικό εξοπλισμό
- Αναλώσιμα καταστρώματος/ καμπίνων
- Ανταλλακτικά και εξοπλισμό πλοίου
- Είδη ασφαλείας
- Χημικά/Χρώματα/Γκάζια
- Λιπαντικά
- Ηλεκτρονικά/ Όργανα μέτρησης/ Όργανα πλοήγησης
- Διάφορα Εργαλεία

Για ανάγκες τυποποίησης της διαδικασίας προμήθειας και για την διευκόλυνση των συμμετεχόντων, τα προϊόντα των “Stores” έχουν κωδικοποιηθεί με τη βοήθεια του οδηγού “Marine Stores Guide – MSG”, ο οποίος πρωτοεμφανίστηκε το 1978 σε έντυπη μορφή και έκτοτε αποτελεί το σημείο αναφοράς για την αγορά των Ναυτικών προμηθειών (<https://www.marinestoresguide.com>, 05/10/2020). Ο MSG αποτελεί προϊόν του Διεθνούς Οργανισμού Ναυτικών Συναλλαγών “International Marine Purchasing Association” ο οποίος ιδρύθηκε την ίδια χρονιά για να βελτιώσει τη συνεργασία μεταξύ των ναυτικών και των προμηθευτών και να βελτιστοποιήσει το σύνολο των αντίστοιχων διαδικασιών. Βάσει του IMPA, τα “Stores” κατηγοριοποιούνται ως ακολούθως:

Πίνακας 1: Ταξινόμηση προϊόντων βάσει του οδηγού “MSG”
(Πηγή www.marinestoresguide.com)

Κατηγορία Προϊόντων	Κωδικός IMPA
Cloth & Linen Products	IMPA 15
Tableware & Galley Utensils	IMPA 17
Clothing Equipment	IMPA 19
Ropes & Hawsers	IMPA 21
General Deck Equipment	IMPA 23
Painting Equipment	IMPA 27
Safety Equipment	IMPA 33
Navigation Equipment	IMPA 37
Medicines	IMPA 39
Hardware	IMPA 49
Brushes & Mats	IMPA 51
Lavatory Equipment	IMPA 53
Pneumatic & Electrical Tools	IMPA 59
Hand Tools	IMPA 61
Measuring Tools	IMPA 65
Packing & Jointing	IMPA 81
Special Products	Helideck equip. – Piracy protection Etc

Πέραν όμως των τυπικών προμηθειών που συμπεριλαμβάνονται στις ανωτέρω κατηγορίες, το πλοίο ενδέχεται να χρειαστεί και να ζητήσει οποιοδήποτε επιπλέον υλικό ή ακόμη και την παροχή βοήθειας από την ξηρά, ως αποτέλεσμα μίας κρίσιμης και απρόβλεπτης κατάστασης που προέκυψε κατά το ταξίδι του (βλάβη σε κρίσιμο εξοπλισμό, τραυματισμός πληρώματος κλπ).

2.2 Συστήματα UAVs: Δομή κατασκευής – Τεχνικά χαρακτηριστικά

Με τον όρο MEA (Μη Επανδρωμένο Αεροσκάφος) ή UAV (Unmanned Aerial Vehicle) ή Drone, αναφερόμαστε σε ένα ιπτάμενο σύστημα, το οποίο έχει τη δυνατότητα να ίπταται χωρίς την παρουσία ανθρώπινου πληρώματος πάνω του (Barmounakis et al., 2017). Ο χειρισμός του συστήματος (αεροσκάφους) μπορεί να πραγματοποιείται εξ αποστάσεως, από χειριστή που βρίσκεται σε κατάλληλο σταθμό ελέγχου στο έδαφος, είτε να γίνεται αυτοματοποιημένα από το ίδιο το αεροσκάφος, με τη βοήθεια ηλεκτρονικών συστημάτων και διάφορων αισθητήρων, χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση.

Στην πρώτη περίπτωση, αναφερόμαστε σε ένα μερικός αυτόνομο (ημιαυτόνομο) αεροσκάφος, το οποίο λειτουργεί λαμβάνοντας εντολές για την

κίνησή του από τον χειριστή ή από τον σταθμό ελέγχου εδάφους γενικότερα. Η επικοινωνία μεταξύ χειριστή και αεροσκάφους επιτυγχάνεται με τη βοήθεια μίας ασύρματης «ραδιοζεύξης», η οποία αναλαμβάνει τη μεταφορά των δεδομένων από τον χειριστή στο αεροσκάφος και αντίστροφα. Μέσω αυτής της αμφίδρομης ανταλλαγής δεδομένων, ο χειριστής ενημερώνεται για τα στοιχεία που αφορούν την πτήση του αεροσκάφους [ύψος - ταχύτητα – θέση (yaw/pitch/roll) του αεροσκάφους] και οι εντολές που καταχωρεί στο σύστημα τηλεχειρισμού, εκπέμπονται προς το αεροσκάφος, το οποίο με τη σειρά του τις λαμβάνει και τις εκτελεί.

Στη δεύτερη περίπτωση, αναφερόμαστε σε ένα **πλήρως αυτόνομο** αεροσκάφος, το οποίο έχει τη δυνατότητα να ίπταται χωρίς καμία ανθρώπινη παρέμβαση στον χειρισμό του. Οι εντολές αυτή τη φορά, λαμβάνονται από ένα εξειδικευμένο λογισμικό, το οποίο υποκαθιστά τον ρόλο του χειριστή και λαμβάνει αποφάσεις με βάση τις πληροφορίες (inputs) που δέχεται από ένα σύνολο αισθητήρων, που βρίσκονται τοποθετημένοι στην πλατφόρμα του αεροσκάφους (GPS, INS, κάμερες, proximity sensors κλπ). Τις περισσότερες φορές, ακόμη και κατά την πλήρως αυτόνομη πτήση ενός UAV, το αεροσκάφος παρακολουθείται συνεχώς από το κατάλληλο προσωπικό (είτε με οπτικό έλεγχο του ίδιου του αεροσκάφους, είτε με τον έλεγχο των παραμέτρων πτήσης του), ώστε να μη διακυβεύεται η ασφάλεια των ανθρώπων και των μέσων που βρίσκονται εντός του περιβάλλοντος πτήσης του και να μειώνεται η πιθανότητα ατυχήματος.

Τα UAVs, παρά την πρόσφατη δημοφιλή παρουσία τους την τελευταία δεκαετία, πρωτοεμφανίστηκαν στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, αρχικά σε στρατιωτικές εφαρμογές έρευνας και αναγνώρισης εχθρικών σχηματισμών, ενώ στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν και από τον επιστημονικό κλάδο, σε ερευνητικές εφαρμογές (Αποσπόρης, 2020).

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και τη μείωση του κόστους των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που χρησιμοποιούν, φτάσαμε σταδιακά στην ευρεία παρουσία τους στην αγορά της τεχνολογίας, αφού πολλές εταιρείες (αλλά και ερασιτεχνικές κοινότητες) δραστηριοποιούνται πλέον στην κατασκευή UAVs διαφόρων μεγεθών, δυνατοτήτων και χρήσεων. Η πρώτη μαζική παραγωγή και εμπορική παρουσία των UAVs στην αγορά, είχε τη μορφή “Gadget Drones” μικρού

μεγέθους και βάρους, τα οποία παρείχαν τη δυνατότητα λήψης φωτογραφιών και βίντεο από τον αέρα. Η αρχική τους αυτονομία ήταν αρκετά μικρή (περίπου 15' πτήσης) ενώ αντίστοιχα μικρή ήταν και η εμβέλεια πτήσης τους. Στις μέρες μας εμφανίζονται ολοένα και πιο σύγχρονα μοντέλα στην αγορά, με καλύτερα χαρακτηριστικά και μεγαλύτερες δυνατότητες.

2.2.1 Η τυπική δομή κατασκευής ενός UAV

Παρά τα διαφορετικά μοντέλα και μεγέθη που μπορούμε να συναντήσουμε σε όλες τις πιθανές εφαρμογές, τα UAVs σημειώνουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά, όσον αφορά τη δομή τους και τα είδη των αισθητήρων που διαθέτουν (Αποσπόρης, 2020):

A) Ο σκελετός ή πλαίσιο (Frame): Αναφερόμαστε στο κυρίως σώμα του UAV. Το πλαίσιο θα πρέπει να είναι αρχικά ελαφρύ, ώστε το UAV να μπορεί να πετάξει αβίαστα, λαμβάνοντας υπόψη ότι, εκτός από το βάρος του, απαιτείται να “κουβαλήσει” και ένα σύνολο από κατάλληλους αισθητήρες και ηλεκτρονικά κυκλώματα. Επίσης, απαιτείται να είναι ταυτόχρονα και ανθεκτικό, ώστε να μπορεί να αντέξει τα φορτία δυνάμεων που εφαρμόζονται πάνω του, κατά τη διάρκεια της πτήσης (απότομες επιταχύνσεις - αλλαγές ύψους και κατεύθυνσης) ή την επαφή του με το έδαφος, κατά τη στιγμή της προσγείωσης.



Εικόνα: Το πλαίσιο ενός τυπικού Multi-Rotor UAV (Πηγή: www.amazon.com)

Φυσικά, πρωταρχικός παράγοντας που επηρεάζει τα υλικά κατασκευής και τον σχεδιασμό του πλαισίου σε ένα UAV, είναι το μέγιστο αποδεκτό κόστος παραγωγής του, αλλά και το πεδίο χρήσης του. Κατά αυτό τον τρόπο, μπορούμε να συναντήσουμε UAVs κατασκευασμένα από φελλικό ή πλαστικό (mini-drone toys) με αντίστοιχο κόστος αγοράς 20€, ενώ την ίδια στιγμή μπορούμε να συναντήσουμε

UAVs κατασκευασμένα από αλουμίνιο, τιτάνιο ή ανθρακονήματα, η αξία των οποίων μπορεί να αγγίξει αρκετά εκατομμύρια ευρώ (ιδιαίτερα στον τομέα των αμυντικών εξοπλισμών).

Όπως είναι φυσικό, η επιλογή ακριβότερων και ανθεκτικότερων υλικών, αυξάνει την αντοχή του πλαισίου στο UAV, ενώ παράλληλα συμβάλλει και στη μείωση του συνολικού του βάρους (κερδίζοντας σε αυτονομία ή στη μεταφορά μεγαλύτερου ωφέλιμου φορτίου και περισσότερων αισθητήρων).

B) Ο κινητήρας (motor): Είναι η συσκευή που δίνει την απαιτούμενη ώθηση στο σκάφος, ώστε να μπορέσει να απογειωθεί και να κινείται στον αέρα προς όλες τις κατευθύνσεις. Ο κινητήρας επηρεάζει σημαντικά χαρακτηριστικά λειτουργίας του UAV, όπως την ταχύτητα, το μέγιστο ύψος πτήσης και την αυτονομία του, ενώ όπως είναι σαφές, επηρεάζει και το συνολικό του βάρος. Σε κάποιες περιπτώσεις μάλιστα, μπορεί να αποτελεί το βαρύτερο εξάρτημά της πλατφόρμας (ειδικά σε μεγάλα στρατιωτικά UAVs, τα οποία μπορεί να χρησιμοποιούν ακόμη και κινητήρες Jet, όπως ένα συμβατικό αεροσκάφος).



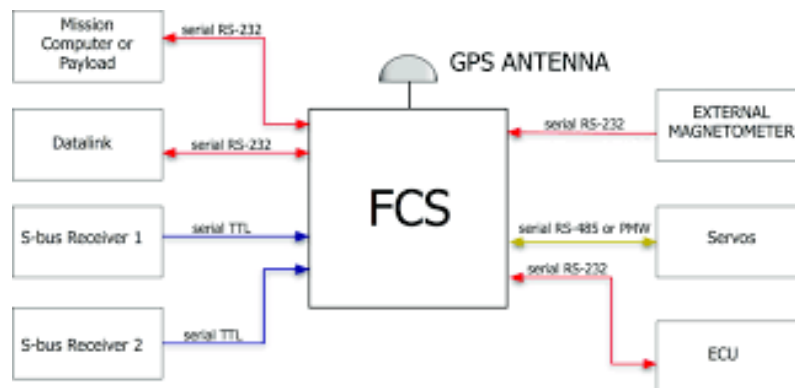
Εικόνα: Ηλεκτρικοί κινητήρες Multi-rotor UAV (Πηγή: www.amazon.com)

Στην πλειοψηφία των UAVs (και ιδιαίτερα στα κοινά εμπορικά μοντέλα) αναφερόμαστε σε ένα σύνολο ηλεκτροκινητήρων, κάθε ένας από τους οποίους περιστρέφει μία έλικα, για τη δημιουργία της απαιτούμενης άνωσης για την απογείωση και την πτήση. Ο ελάχιστος απαιτούμενος αριθμός ελίκων για την πτήση ενός UAV είναι δύο (2), ενώ πρακτικά δεν υφίσταται ανώτατο όριο, καθώς ο κάθε κατασκευαστής είναι ελεύθερος να χρησιμοποιήσει όσους κινητήρες και έλικες

επιθυμεί για το σύστημά του, φυσικά με τα αντίστοιχα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Για μία ακόμη φορά, η χρήση και το κόστος κατασκευής του UAV παίζουν πρωταρχικό ρόλο στην επιλογή του αριθμού των κινητήρων/ ελίκων, καθώς μεγαλύτερος αριθμός συνεπάγεται μεγαλύτερο κόστος και βάρος. Παρόλα αυτά, μεγαλύτερος αριθμός κινητήρων, εξασφαλίζει και μεγαλύτερη άνωση και ώθηση στο σύστημα κατά την πτήση του, το οποίο σημαίνει ότι μπορεί να μεταφέρει μεγαλύτερο φορτίο. Τα περισσότερα εμπορικά UAVs που συναντάμε στην αγορά, χρησιμοποιούν από τέσσερις (quadcopter) έως οκτώ κινητήρες/ έλικες (octacopters).

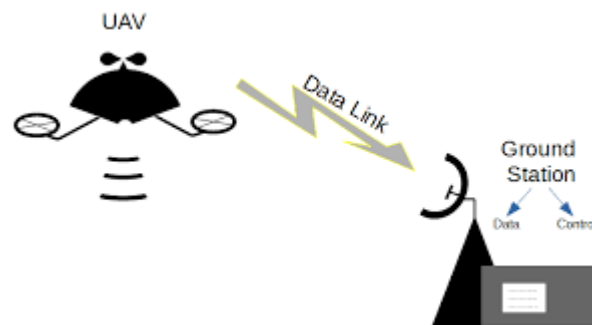
Γ) Το σύστημα ελέγχου πτήσης (Flight Control System – FCS): Αποτελεί μία σειρά ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, η οποία, όπως προδίδει και η ονομασία της, είναι υπεύθυνη για την ομαλή πτήση του UAV και τον έλεγχο όλων των παραμέτρων της πτήσης του (ταχύτητα, κλήση των πτερυγίων, “βήμα” των ελίκων κλπ). Όλες οι εντολές του χειριστή, καταλήγουν στο FCS, το οποίο τις εκτελεί μεταβάλλοντας τις ανωτέρω παραμέτρους. (Στην περίπτωση της πλήρους αυτονομίας, το FCS λαμβάνει εντολές από άλλα κυκλώματα και αισθητήρες, οι οποίοι υποκαθιστούν τον ανθρώπινο χειριστή).



Εικόνα: Τυπικό διάγραμμα FCS ενός UAV (Πηγή: www.researchgate.net)

Δ) Το σύστημα απομακρυσμένης επικοινωνίας (Data Link): Αποτελείται από κεραία ασύρματης επικοινωνίας και κατάλληλο πομποδέκτη (transceiver) και ο ρόλος του είναι να διατηρεί συνεχώς την επικοινωνία ανάμεσα στον χειριστή εδάφους και το UAV, μέσα από την ασύρματη ανταλλαγή δεδομένων. Η επικοινωνιακή ζεύξη (Data Link) παίζει καθοριστικό ρόλο στον ασφαλή χειρισμό

του UAV, καθώς μία ενδεχόμενη διακοπή της (έστω και μικρής διάρκειας) σημαίνει πρακτικά ότι ο χειριστής δεν έχει κανέναν έλεγχο στην πτήση του σκάφους για εκείνο το χρονικό διάστημα.



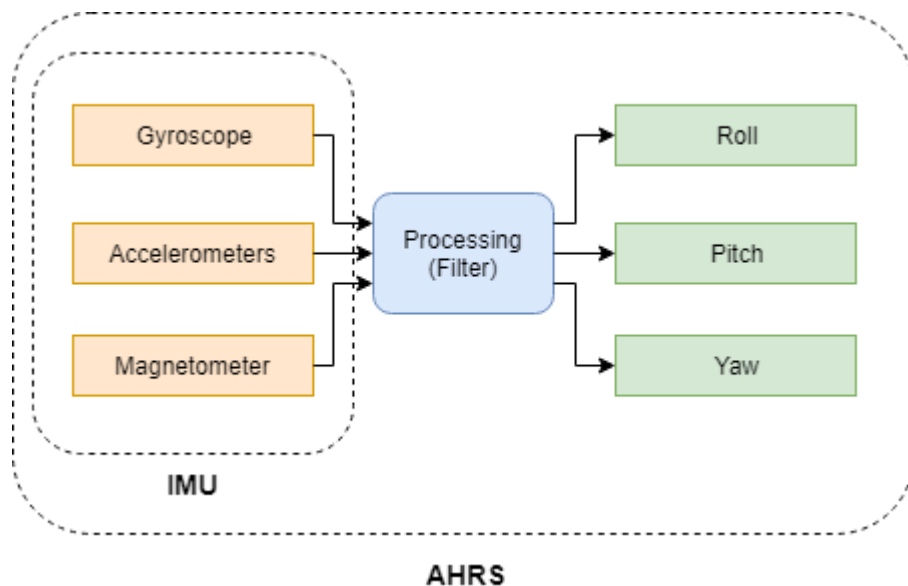
Εικόνα: Σχηματική αναπαράσταση του Data Link ενός UAV (Πηγή: www.mobnet-h2020.eu)

Όπως είναι φυσικό, επειδή μία διακοπή της ζεύξης είναι πάντα πιθανόν να συμβεί για διάφορους λόγους, τα UAVs απαιτείται να διαθέτουν τις απαραίτητες ρυθμίσεις ασφαλείας στο λογισμικό τους, οι οποίες σε περίπτωση διακοπής της ζεύξης, είτε ακινητοποιούν το σκάφος στην υφιστάμενη θέση, είτε το επιστρέφουν στην αρχική θέση από την οποία απογειώθηκε, ή στη θέση του χειριστή που είχαν αποθηκευμένη στη μνήμη τους, μέχρι την τελευταία επικοινωνία τους.

Πέραν από τα ζητήματα ασφαλείας, η ποιότητα της ασύρματης ζεύξης και η ισχύς του σήματος, επηρεάζουν αντίστοιχα και την εμβέλεια πτήσης του συστήματος UAV, από τη θέση του επίγειου σταθμού ελέγχου. Συνήθως μεγαλύτερη εμβέλεια απαιτεί μεγαλύτερους και ισχυρότερους πομποδέκτες στο πλαίσιο του UAV, το οποίο συνεπάγεται μεγαλύτερο βάρος και μέγεθος ή μεγαλύτερη κατανάλωση ισχύος από τις μπαταρίες, άρα παραπέμπει και σε πιο εξεζητημένες εφαρμογές.

Ε) Το σύστημα πλοήγησης (Navigation System) (πλήρως αυτόνομο UAV): Το σύστημα πλοήγησης είναι απαραίτητο για τα συστήματα UAVs που λειτουργούν με πλήρη αυτονομία, που κινούνται δηλαδή χωρίς καμία εντολή από τον χειριστή τους σε πραγματικό χρόνο. Για να καταστεί εφικτή η αυτόνομη πτήση, το σύστημα πλοήγησης βασίζεται σε ένα σετ συγκεκριμένων αισθητήρων, γνωστών ως “IMU” (Inertial Measurement Units), το οποίο αποτελείται από ένα γυροσκόπιο, ένα επιταχυνσιόμετρο και ένα μαγνητόμετρο.

- Το γυροσκόπιο είναι μία συσκευή που αποτελείται από τρεις περιστρεφόμενους άξονες και μπορεί να διατηρεί σταθερό τον προσανατολισμό του, μέσω της περιστροφής αυτών των αξόνων. Ο ρόλος του είναι να υποδείξει τη θέση του αεροσκάφους σε σχέση με τους τρεις άξονες αναφοράς (x,y,z) (Yaw – Roll – Pitch).
- Το επιταχυνσιόμετρο είναι μία ηλεκτρομηχανική κατασκευή η οποία, βασιζόμενη στο νόμο της αδράνειας, μπορεί να μετράει τις αλλαγές δυνάμεων που προκαλούν επιταχύνσεις ή επιβραδύνσεις στο σώμα του UAV. Ο ρόλος του είναι να δώσει στοιχεία μεταβολής της ταχύτητας ή αλλαγής κατεύθυνσης.
- Το μαγνητόμετρο είναι μία συσκευή που μετρά το μαγνητικό πεδίο του περιβάλλοντος, μέσα από τον υπολογισμό της πυκνότητας της μαγνητικής ροής στον χώρο. Με αυτό τον τρόπο, είναι σε θέση να εντοπίζει τον μαγνητικό βορρά και να υποδεικνύει τον προσανατολισμό της πορείας του αεροσκάφους σε σχέση με αυτόν (Heading).

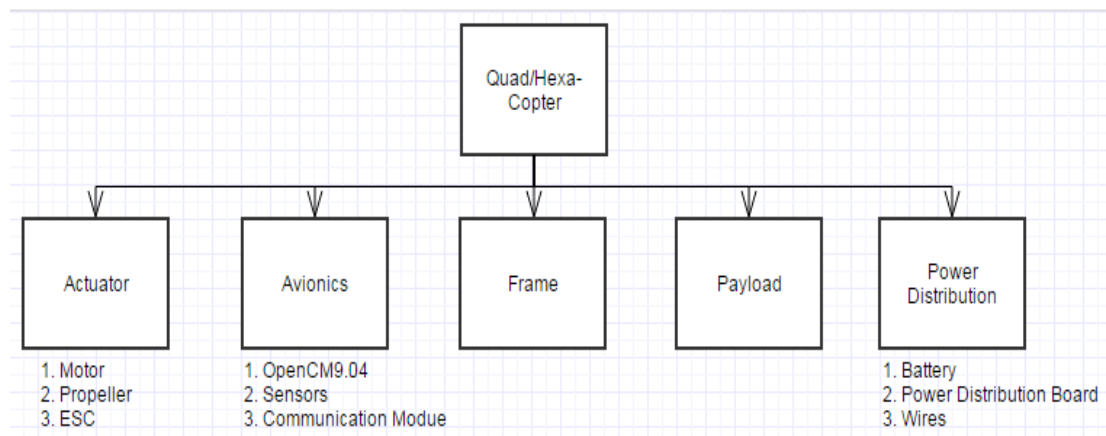


Σχήμα 2: Βαθμίδα «IMU» ενός UAV (Πηγή: www.uavnavigation.com 15/12/2020)

Τα τρία αυτά όργανα δίνουν συνεχώς πληροφορίες στο λογισμικό του συστήματος πλοήγησης, ώστε να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή την κλίση (και στους τρεις άξονες), την πορεία και την ταχύτητα του αεροσκάφους. Τα στοιχεία αυτά, σε συνδυασμό με τη χρήση ενός GPS, δίνουν τις συνολικές απαιτούμενες πληροφορίες στο σύστημα, για να εκτελέσει ομαλά την αυτόνομη πτήση. Φυσικά, παρόλο που

μιλάμε για αυτονομία στην κίνηση του σκάφους, τις πληροφορίες για την επιθυμητή διαδρομή πτήσης (Flight Path) και τον προορισμό του σκάφους, τις έχει προγραμματίσει εκ των προτέρων ο χειριστής, μέσω κατάλληλου προγράμματος, πριν από την έναρξη της πτήσης.

ΣΤ) Οπτικός αισθητήρας/ Κάμερα: Η κάμερα αποτελεί ένα σημαντικό βοήθημα για τον χειριστή του UAV, καθώς του μεταδίδει σε πραγματικό χρόνο την εικόνα που θα είχε “On board”. Στα UAVs μικρότερης εμβέλειας, τα οποία πετάνε συνήθως σε χαμηλότερα ύψη, η κάμερα χρησιμοποιείται και για λόγους πλοήγησης, καθώς ο χειριστής μπορεί να προσανατολιστεί από τα σημεία του εδάφους και να το κατευθύνει ανάλογα. Στα UAVs μεγαλύτερης εμβέλειας που πετάνε σε μεγαλύτερα ύψη, η πλοήγηση γίνεται κατά κύριο λόγο με τη βοήθεια των ενδείξεων από τα κύρια όργανα του συστήματος πλοήγησης και η κάμερα έχει δευτερεύοντα ρόλο.



Σχήμα 3: Τα κύρια υποσυστήματα ενός τυπικού Multi-rotor UAV
(Πηγή: <https://swarmingandexploring.files.wordpress.com> 15/12/2020)

2.2.2 Πρόσθετος εξοπλισμός

Πέραν από τα βασικά συστήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω, τα UAVs είναι εξοπλισμένα και με άλλα δευτερεύοντα ηλεκτρονικά συστήματα, ανάλογα με το είδος, το μέγεθος και το πεδίο χρήσης τους (Αποσπόρης, 2020). Τέτοια συστήματα μπορεί να είναι τα ακόλουθα:

- Φωτογραφικές μηχανές/ κάμερες.
- Φωτοαισθητήρες καταγραφής και μετρήσεων τύπου “LIDAR” (Light Detection And Ranging).
- Αισθητήρες προσέγγισης (Proximity sensors).
- Υπέρυθροι αισθητήρες (IR Sensors/cameras).
- Radars
- Σταθεροποιητές κίνησης (Gimbal Control) κα.

2.2.3 Βασικά κριτήρια για την επιλογή του προαιρετικού εξοπλισμού ενός συστήματος UAV

Ο πρόσθετος εξοπλισμός ενός UAV, θα πρέπει να επιλέγεται σχολαστικά με γνώμονα την αποστολή για την οποία προορίζεται, ώστε να συμπεριλαμβάνει τα απολύτως απαραίτητα συστήματα και να διατηρεί το βάρος του χαμηλό (και την μέγιστη δυνατή αυτονομία). Αυτή η προσέγγιση όμως δεν είναι απόλυτα έγκυρη, καθώς η ασφάλεια είναι άλλος ένα σημαντικός παράγοντας που θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη.

Σύμφωνα με την ανωτέρω λίστα με τον προαιρετικό εξοπλισμό, ένα UAV μπορεί να διαθέτει αισθητήρες προσέγγισης, σταθεροποιητές κίνησης ή και συγκεκριμένο λογισμικό πχ για αυτόματη προσγείωση σε περίπτωση που τα επίπεδα της μπαταρίας πέσουν κάτω από το όριο ασφαλείας για την πτήση του. Μπορεί επίσης να λειτουργεί χωρίς αυτά, επιτυγχάνοντας καλύτερες επιδόσεις λόγω μικρότερου βάρους. Σε αυτή την περίπτωση όμως, η ευθύνη για την ασφαλή πτήση του UAV μεταβιβάζεται σε μεγαλύτερο βαθμό στον ίδιο τον χειριστή, ο οποίος είναι υπεύθυνος να ελέγχει το περιβάλλον του συστήματος, την ομαλή του πτήση και τα αποθέματα της μπαταρίας.

Με άλλα λόγια, το κέρδος ενός ελαφρύτερου και πιο αποδοτικού συστήματος μπορεί να συνεπάγεται τη μεγαλύτερη ευθύνη του χειριστή για την ασφάλεια του ίδιου του UAV και του περιβάλλοντός του. Για παράδειγμα, ένα UAV με αισθητήρες προσέγγισης (proximity sensors) είναι πιο βαρύ αλλά είναι σε θέση να αποφεύγει εμπόδια του περιβάλλοντός του, τα οποία χωρίς τους αισθητήρες θα

πρέπει να φροντίσει να τα αποφύγει ο χειριστής χειροκίνητα, με βάση τις πληροφορίες της κάμερας και της οπτικής επαφής με το UAV. Τίθεται λοιπόν το ερώτημα του «μέγιστου αποδεκτού ρίσκου» που θα δεχτεί να αναλάβει ο χειριστής, προκειμένου να εκμεταλλευτεί σε μεγαλύτερο βαθμό τις δυνατότητες του συστήματος.

2.2.4 Κατηγοριοποίηση UAVs

Τα UAVs μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με το κριτήριο που θα χρησιμοποιήσουμε (Αποσπόρης, 2020). Η κατηγοριοποίηση των UAVs μπορεί να γίνει με βάση:

- Τη δομή της κατασκευή τους (fixed wing – fixed wing/ hybrid – single rotor – multi rotor).
- Την αποστολή τους (στρατιωτικά, έρευνας/διάσωσης, αναγνώρισης, μέτρησης, φωτογραφίας, ψυχαγωγίας, αγωνιστικά, μεταφορικά, ψεκαστικά, κλπ).
- Το βάρος τους (από μερικά γραμμάρια, μέχρι εκατοντάδες κιλά).
- Τη διάρκεια αυτονομίας και εμβέλειας πτήσης (2-4-10-50-150-200 Km).
- Τη μεταφορική τους ικανότητα (σε όρους ωφέλιμου φορτίου).
- Τον αριθμό των ελίκων, όταν αναφερόμαστε στα multi rotor UAVs (quadcore-hexacore-octacore...).

Για τις ανάγκες της συγκεκριμένης μελέτης, η παρούσα εργασία θα εστιάσει στα μεταφορικά UAVs (γνωστά και ως Cargo Drones ή CUAVS) και θα δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στα χαρακτηριστικά και τις μεταφορικές τους δυνατότητες. Επίσης, σε επόμενη ενότητα θα παρουσιαστούν σύγχρονα παραδείγματα χρήσης Cargo Drones, τα οποία ήδη λειτουργούν στον τομέα των “Logistics”, σημειώνοντας ραγδαία ανάπτυξη. (Κεφάλαιο 2.4: Τα UAVs ως σύγχρονα μέσα μεταφοράς φορτίων)

2.3 Το νομικό πλαίσιο της χρήσης UAVs

Με την είσοδό τους στη μαζική παραγωγή, τα UAVs σημείωσαν μεγάλη εμπορική επιτυχία. Η δυνατότητα της λήψης εναέριων φωτογραφιών και βίντεο, τα έκανε εξαιρετικά δημοφιλή στο ευρύ κοινό, με αποτέλεσμα σύντομα οι ουρανοί των μεγαλουπόλεων να γεμίσουν με Drones. Η νέα αυτή τάση όμως, δημιούργησε και νέες ανησυχίες, ιδιαίτερα στα ζητήματα που αφορούν την ασφάλεια των ανθρώπων, την παραβίαση της ιδιωτικής ζωής και του προσωπικού απορρήτου κλπ (Rao B., Gopi A., Maione R., 2016).

Οι σημαντικότεροι κίνδυνοι που εισήγαγε η εκτεταμένη χρήση των εμπορικών Drones στη ζωή των ανθρώπων, παρουσιάζονται συνοπτικά στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 2: Πιθανοί κίνδυνοι από την πτήση UAV συστημάτων

Τομέας κινδύνου	Κίνδυνος
Φυσική ασφάλεια των ανθρώπων, εντός της περιοχής πτήσης του Drone	Η πτήση ενός Drone, ενέχει πάντα τον κίνδυνο ατυχήματος από την απρόβλεπτη πτώση του, είτε λόγω της κακής χρήσης του, είτε εξαιτίας πιθανής δυσλειτουργίας/ βλάβης του.
Φυσική ασφάλεια των περιουσιακών στοιχείων που βρίσκονται εντός της περιοχή πτήσης του Drone	Ο ανωτέρω κίνδυνος ατυχήματος αφορά, εκτός από τους ανθρώπους και οποιαδήποτε μορφή περιουσιακού στοιχείου βρίσκεται στην περιοχή πτήσης.
Ασφάλεια πτήσεων αεροσκαφών	Η αυθαίρετη πτήση Drones σε μεγάλα ύψη ή/και εντός περιοχών διέλευσης αεροσκαφών, ενέχει σοβαρό κίνδυνο ατυχήματος που μπορεί να επέλθει από τη σύγκρουση με διερχόμενο αεροσκάφος ή την αναρρόφηση του Drone από τον κινητήρα του (Flying Object Danger – FOD).

<p>Ιδιωτικό απόρρητο/ Προσωπικά δεδομένα</p>	<p>Η λήψη φωτογραφιών και βίντεο προσώπων και ιδιωτικών περιοχών, χωρίς τη συγκατάθεση (και πολλές φορές ούτε καν την επίγνωση) των ιδιοκτητών, παραβιάζει την ιδιωτική ζωή και την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων των ατόμων.</p>
<p>Δεξιότητες Χειριστή</p>	<p>Τα Drones μπορούν να αγοραστούν από οποιονδήποτε διαθέτει το αντίστοιχο αντίτιμο και χρησιμοποιούνται κατά κόρον χωρίς την παροχή καμίας σχετικής εκπαίδευσης του χειριστή, για την ορθή χρήση τους. Επί της ουσίας, δεν υφίσταται κανένας έλεγχος και καμία αξιολόγηση της ικανότητας των χειριστών να ελέγξουν τα Drones και να είναι σε θέση να διαχειριστούν έκτακτες καταστάσεις, σε περίπτωση οποιουδήποτε προβλήματος. (προ της εφαρμογής Νομικού πλαισίου)</p>
<p>Τρομοκρατία</p>	<p>Η χρήση Drones έδωσε νέες δυνατότητες στην παγκόσμια τρομοκρατία, για την εκδήλωση επιθέσεων από απομακρυσμένες θέσεις. Περιστατικά τρομοκρατικών επιθέσεων με UAVs που κουβαλούσαν εκρηκτικούς μηχανισμούς, χειροβομβίδες και επικίνδυνο φορτίο γενικότερα, έχουν σημειωθεί σε αρκετά μέρη ανά τον κόσμο.</p>

2.3.1 Το θεσμικό πλαίσιο στις ΗΠΑ

Με αφορμή τα ανωτέρω ζητήματα, ορισμένες Πολιτείες των ΗΠΑ ξεκίνησαν πρώτες να θεσπίζουν μεμονωμένα δικούς τους κανονισμούς, για την ασφαλή πτήση Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών, εντός των περιοχών ευθύνης τους. Καθώς η αγορά και η πτήση νέων UAVs αυξανόταν όλο και περισσότερο, έγινε αντιληπτό ότι θα έπρεπε να θεσπιστεί ένα ευρύτερο Νομικό πλαίσιο σε όλη την Αμερικανική επικράτεια, για την ορθή και ασφαλή χρήση τους.

Το 2016, ο Ομοσπονδιακός Οργανισμός “Federal Aviation Organization – FAA” έθεσε την βάση θεσπίζοντας τον Κανονισμό “**CFR 14/ Part 107 – Small UAS Operations**” στον οποίο στηρίχθηκε η νόμιμη χρήση των πρώτων εμπορικών UAVs στις ΗΠΑ. Ο εν λόγω κανονισμός έθετε το όριο βάρους των 25 Kgs (55 Lbs) στα UAVs, την υποχρέωση της συνεχούς οπτικής επαφής του χειριστή με το σύστημα και την απαγόρευση πτήσης πάνω από ανθρώπους ή κινούμενα οχήματα. Οι βασικότερες προβλέψεις του κανονισμού συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 3: Βασικές προβλέψεις FAA/ CFR 14 – Part 107

	Fly for Fun	Fly for Work
Pilot Requirements	No pilot requirements	Must have Remote Pilot Airman Certificate Must be at least 16 years old Must pass TSA vetting
Aircraft Requirements	Must be registered if between 0.55-55 lbs	Must be less than 55 lbs. Must be registered if between 0.55-55 lbs. Must undergo pre-flight check to ensure UAS is in condition for safe operation
Location Requirements	5 miles from airports without prior notification to heliport/airport and air traffic control	Class B, C, D and E airspace operation with Air Traffic Control (ATC) permission prior to flight. Class G (uncontrolled airspace) does not require ATC approval (this includes hospital helipads/heliports) *
Operating Rules	Must ALWAYS yield right of way to manned aircraft Must keep the aircraft in sight (visual line-of-sight) Must be <u>under</u> 55 lbs. Must follow community-based safety guidelines Must notify hospital with heliport/airport and air traffic control tower before flying within 5 miles of an airport/heliport	Must keep the aircraft in sight (visual line-of-sight)* Must fly under 400 feet* Must fly during the day* Must fly at or below 100 mph* Must yield right of way to manned aircraft* Must NOT fly over people* Must NOT fly from a moving vehicle*
Example Applications	Educational or recreational flying only	Flying for commercial use (e.g. providing aerial surveying or photography services) Flying incidental to a business (e.g. doing roof inspections or real estate photography)
Legal or Regulatory Basis	Public Law 112-95, Section 336 – <i>Special Rule for Model Aircraft</i> FAA Interpretation of the Special Rule for Model Aircraft	Title 14 of the Code of Federal Regulation (14 CFR) Part 107

From: http://www.faa.gov/uas/getting_started/ *These rules are subject to waiver from the FAA

Στη συνέχεια ακολούθησαν περαιτέρω ρυθμίσεις από αντίστοιχα θεσμικά όργανα, όπως τον Διεθνή Οργανισμό Πολιτικής Αεροπορίας (International Civil Aviation Organization – ICAO). Απώτερος σκοπός, ήταν να δημιουργηθεί ένα ανεξάρτητο Νομικό Πλαίσιο που θα αφορούσε αποκλειστικά την πτήση των UAVs, καθώς μέχρι εκείνη τη στιγμή, επιχειρούσαν έξω από το Κανονιστικό πλαίσιο της «Ναυτιλίας με τη βοήθεια οργάνων» (γνωστή και ως Instrument Flight Rules – IFR) που διέπει την πτήση των συμβατικών επανδρωμένων αεροσκαφών.

Ο ICAO αφού μελέτησε προσεκτικά τις διατάξεις των υφιστάμενων κανονισμών που βρισκόταν ήδη σε εφαρμογή, προχώρησε στη δημιουργία των “**Model UAS Regulations: Parts 101-102-149**” (<https://www.icao.int>, 27/12/2020)

A) Part 101: Χωρίζεται σε 3 υποενότητες και περιλαμβάνει τα ακόλουθα ζητήματα:

- Subpart A: Γενικοί κανόνες χρήσης και λειτουργίας πολιτικών UAVs.
- Subpart B: Καταχώρηση συστημάτων στο μητρώο και κανόνες πτήσης τους.
- Subpart C: Πιστοποιητικά χειριστών πολιτικών UAVs.

B) Part 102: Αποτελείται από 2 υποενότητες που αναφέρονται στα ακόλουθα:

- Subpart D: Χειριστές UAVs που δεν υπάγονται στις περιπτώσεις του Part 101 ή χειριστές που υπάγονται στην εν λόγω κατηγορία και επιθυμούν να υποβάλλουν αίτηση για την απόκτηση διπλώματος χειριστή UAS.
- Subpart E: Απαιτήσεις προς τους κατασκευαστές, οι οποίοι επιθυμούν να κατοχυρώσουν τα συστήματά τους ως κατάλληλα και πιστοποιημένα, για χρήση σε εξειδικευμένες εφαρμογές. (Δίνονται οι συνθήκες στις οποίες τα συστήματα θα πρέπει να αποδείξουν στην πράξη, την ικανότητα της ασφαλούς λειτουργίας τους).

Γ) Part 149: Το συγκεκριμένο μέρος αναφέρεται στις απαιτούμενες πιστοποιήσεις των Αναγνωρισμένων Αεροπορικών Οργανισμών (AAO) και χωρίζεται σε τρεις υποενότητες:

- Subpart A: Γενικοί κανόνες πιστοποίησης και λειτουργίας των AAO.
- Subpart B: Προϋποθέσεις πιστοποίησης AAO.
- Subpart C: Κανόνες λειτουργίας AAO

Δ) Parts 121 & 135 (Air Carrier & Operator Certification): Εκτός από τα ανωτέρω μέρη των Κανονισμών πτήσης UAVs, εξίσου σημαντικά είναι και τα μέρη 121 και 135, τα οποία διέπουν αποκλειστικά τη χρήση των συστημάτων UAVs για τη μεταφορά φορτίων. Οι σχετικές πιστοποιήσεις, αν και είναι αρκετά απαιτητικές, δεν ορίζουν συγκεκριμένα όρια για το είδος και το μέγεθος των σχετικών επιχειρήσεων. Ο εκάστοτε χειριστής θα πρέπει να υποβάλλει το σχετικό αίτημα για κάθε τύπο επιχείρησης που επιθυμεί να διεξάγει και η έγκρισή του μπορεί να καταστεί εξαιρετικά χρονοβόρα, καθώς απαιτείται η υπόδειξη πολλών δικαιολογητικών και

περιλαμβάνει αρκετά στάδια μέχρι την τελική έγκριση. (https://www.faa.gov/licenses_certificates/airline_certification/135_certification/general_info, 27/12/2020)

2.3.2 Το θεσμικό πλαίσιο στην Ευρώπη

Η Ευρωπαϊκή Ένωση ανέθεσε την αντίστοιχη ευθύνη στην “European Union Aviation Safety Agency – EASA”, η οποία προχώρησε στη δημιουργία των αντίστοιχων κανονισμών χρήσης και λειτουργίας των UAVs ανά την Ευρώπη “**Regulations 2019/947 and 2019/945**”. Οι εν λόγω κανονισμοί “Risk – Oriented” δηλαδή δεν διαχωρίζουν την πτήση των UAVs σε διασκέδαση και εμπορική χρήση, αλλά λαμβάνουν υπόψη το βάρος, τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους και τον τύπο λειτουργίας τους (<https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas>, 27/12/2020).

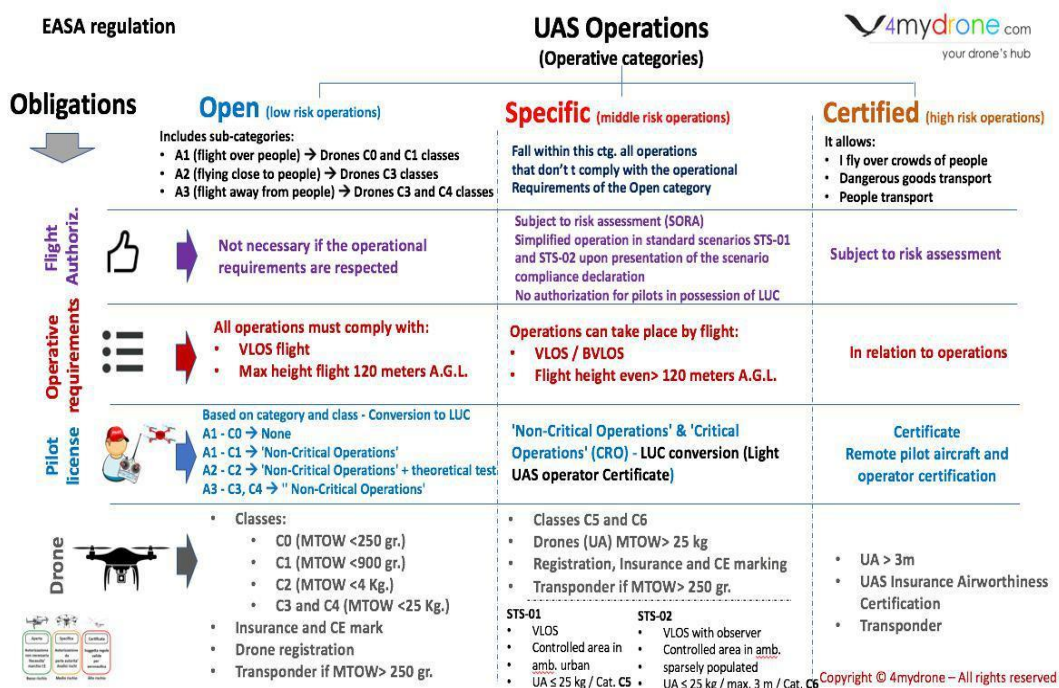
Βάσει του Regulation **2019/947**, ορίζονται τρεις τύποι λειτουργίας (open – specific – certified), για τους οποίους ισχύουν τα ακόλουθα:

- **Open:** Η κατηγορία με το μικρότερο επίπεδο ρίσκου, στην οποία η ασφάλεια υπόκειται στη συμμόρφωση του χειριστή με τους βασικούς κανόνες λειτουργίας ενός UAV, χωρίς να απαιτείται καμία περαιτέρω πιστοποίηση ή εξουσιοδότηση στον χειριστή πριν την πτήση.
- **Specific:** Λειτουργίες μέσου ρίσκου, για τις οποίες ο χειριστής καλείται να λάβει κάποιου είδους εξουσιοδότηση από τις Αρμόδιες Εθνικές Αρχές πριν την έναρξη της λειτουργίας. Για τη λήψη της εν λόγω εξουσιοδότησης, ο χειριστής θα πρέπει να διεξάγει μία αξιολόγηση του συνολικού ρίσκου, ώστε να καθοριστούν οι απαιτούμενες προϋποθέσεις ασφαλείας πριν την πτήση του συστήματος.
- **Certified:** Αποτελεί την κατηγορία με το υψηλότερο ρίσκο. Το σύστημα θα πρέπει να αποκτήσει τα απαραίτητα πιστοποιητικά καταλληλότητας και ο χειριστής θα πρέπει να είναι κάτοχος του απαιτούμενου διπλώματος, πριν την έναρξη της λειτουργίας.

Σε γενικές γραμμές, ο χειριστής απαιτείται να καταχωρήσει τα στοιχεία του (Registration) στην εκάστοτε Εθνική ΥΠΑ, ενώ τα UAVs απαιτείται να δηλώνονται και να πιστοποιούνται αναλόγως με τις ανωτέρω κατηγορίες λειτουργιών. Η μοναδική περίπτωση στην οποία δεν απαιτείται η καταχώρηση των στοιχείων του χειριστή, είναι εάν το Drone ζυγίζει λιγότερο από 250 gr (συνολικό βάρος) και θεωρείται ως παιχνίδι (τα τεχνικά του χαρακτηριστικά συμμορφώνονται με την πιστοποίηση παιχνιδιών 2009/48/EC).

Πίνακας 4: Κατηγορίες UAV κατά EASA (Πηγή: www.4mydrone.com 27/12/2020)

Κατηγοριοποίηση UAVs	
Open Category	<ul style="list-style-type: none"> • Class Identification label: 0,1,2,3,4 • Weight less than 25 Kg • Not operated above people, unless it is lighter than 250 gr • Remain inside VLoS • Fly under 120 m height • Doesn't carry dangerous goods and will not drop any material
Specific/ Certified Category	All Systems that do not meet "Open Category" requirements



Απαιτήσεις χειριστή για την κατηγορία “Specific”:

- Αναγραφή του Registration Number του χειριστή στο σώμα του UAV
- Ακολουθεί τις οδηγίες χρήσης του κατασκευαστή
- Διασφαλίζει ότι δεν υφίσταται παρεμβολή των συχνοτήτων λειτουργίας του UAV με άλλα συστήματα του χώρου, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν τον ασφαλή χειρισμό του UAV.
- Υπόδειξη του υπεύθυνου χειριστή για την εκτέλεση κάθε λειτουργίας
- Διασφαλίζει ότι οι χάρτες του συστήματος είναι επικαιροποιημένοι, εκτός και αν επιχειρεί σε περιοχή που δεν υφίσταται αυτή η απαίτηση
- Διασφαλίζει ότι το UAV διαθέτει τη σήμανση “CE Class mark 0 to 4”
- Διεξάγει την εκάστοτε λειτουργία τηρώντας τους ισχύοντες περιορισμούς κατά περίπτωση
- Ακολουθεί τις διαδικασίες για την ασφαλή διεξαγωγή της λειτουργίας
- Εφαρμόζει μέτρα ενάντια στην μη εξουσιοδοτημένη και αλόγιστη χρήση του συστήματος
- Διασφαλίζει ότι δεν παραβιάζονται τα προσωπικά δεδομένα των ανθρώπων του περιβάλλοντος
- Διατηρεί αρχείο των πτήσεων του συστήματος
- Διατηρεί το UAV σε καλή κατάσταση, ώστε να είναι σε θέση να εκτελεί με ασφάλεια τις πτήσεις του.

2.3.3 Το θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η αρμόδια υπηρεσία ΥΠΑ (Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας) με σχετικό κανονισμό που ψηφίστηκε στη Βουλή (**Δ/ΥΠΑ/21860/1422 - ΦΕΚ 3152/30-09-2016**), καθορίζει τους όρους και τις προϋποθέσεις για την εκτέλεση πτήσεων UAVs εντός του *FIR* Αθηνών. Στο περιεχόμενό του, καθορίζονται επίσης οι κυρώσεις για τις περιπτώσεις πτήσεων που εκτελούνται χωρίς την τήρηση των αναφερομένων προϋποθέσεων ή την εξασφάλιση των απαιτούμενων εγκρίσεων. Σύμφωνα με τον κανονισμό μια από τις βασικές προϋποθέσεις είναι η υποχρεωτική ασφάλιση για ζημιές έναντι τρίτων.

Παράλληλα, στο κείμενό του εφαρμόζονται οι Ευρωπαϊκές Οδηγίες που προαναφέρθηκαν αναφορικά με τα θέματα της ασφάλειας πτήσεων, την προστασία των προσωπικών δεδομένων κλπ.

Απαγορευμένες περιοχές πτήσης UAVs εντός FIR Αθηνών:

- «*Εντός των επιτρεπόμενων ορίων κυκλοφορίας συμβατικών αεροσκαφών, με κανόνες πτήσεως διά οργάνων (IFR) ή/και εξ όψεως (VFR), με ελάχιστο ύψος τα 400 πόδια (FT) επάνω από το έδαφος ή την επιφάνεια της θάλασσας (AGL,MSL) και μέγιστο ύψος τα 46.000 πόδια (FT)*».
- «*Εντός των Ζωνών Κυκλοφορίας των αεροδρομίων (ATZ), και ούτως ή άλλως σε απόσταση μικρότερη από 8 Km. από την περίμετρο του αεροδρομίου και από τα ίχνη προσγείωσης / απογείωσης από / προς το αεροδρόμιο*».
- «*Εντός των «Απαγορευμένων Περιοχών για τις πτήσεις συστημάτων Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών», όπως ορίζονται από τους αρμόδιους φορείς και δημοσιεύονται με απόφαση της ΥΠΑ*».
- «*Εντός των απαγορευμένων και περιορισμένων περιοχών (Prohibited, Restricted Areas) εντός των οποίων απαγορεύονται ή περιορίζονται οι πτήσεις των επανδρωμένων αεροσκαφών οι οποίες ορίζονται από τις υπηρεσίες εναέριας κυκλοφορίας και περιγράφονται στο AIP Ελλάδος*».

(ΥΠΑ/Δ2/Δ/30005/12541 – ΦΕΚ 4527/30-12-16). Με τον εν λόγω κανονισμό καθορίζονται οι διατάξεις που διέπουν τη λειτουργία των εκπαιδευτικών κέντρων και την παροχή των αδειών/ πιστοποιητικών στους χειριστές των UAVs. Οι άδειες των χειριστών διακρίνονται σε 5 κατηγορίες, ανάλογα με τη μέγιστη μάζα απογείωσης του UAV:

Πίνακας 5: Κατηγορίες Αδειών Χειριστών UAVs (Πηγή ΦΕΚ 4527/30-12-16)

Κατηγορίες Αδειών Χειριστών	
MTOM ΣμηΕΑ	Κατηγορία
Μέχρι 1 kg (<1)	UAS Pilot A
Από 1 kg (=>1kg) μέχρι 4 kgs (<4)	UAS Pilot B
Από 4kgs (=>4kgs) μέχρι 25 kgs (<25)	UAS Pilot C
Από 25 kgs (=>25kgs) μέχρι 150 kgs (< 150)	UAS Pilot D
Από 150 kgs (=>150) και άνω (Κανονισμός EASA)	UAS Pilot E

Για την κατηγορία “UAS Pilot E” ακολουθούνται οι διαδικασίες που προβλέπονται στον Ευρωπαϊκό κανονισμό (EASA). Οι βασικές προϋποθέσεις που θα πρέπει να πληροί ο υποψήφιος χειριστής, είναι οι ακόλουθες:

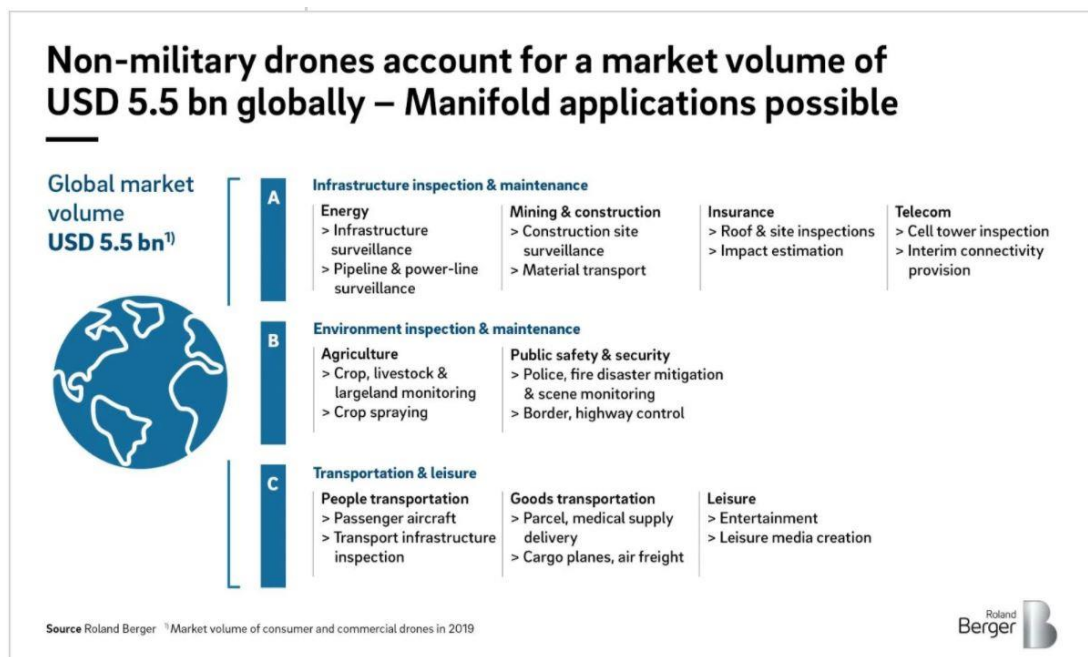
- Να έχει συμπληρώσει το 18^ο έτος της ηλικίας του
- Να κατέχει ικανοποιητικό επίπεδο θεωρητικών γνώσεων σε θέματα πολιτικής αεροπορίας.
- Να κατέχει ισχύον πιστοποιητικό υγείας (Class 3 Medical Fitness) στην “specific” & “certified” κατηγορία.
- Να έχει ολοκληρώσει την πρακτική εξέταση (Skill test) που περιλαμβάνει την επιτυχή εκτέλεση μέχρι και 4 Α/Γ-Π/Γ UAV ενώπιον πιστοποιημένου χειριστή
- Να έχει πολύ καλή γνώση Αγγλικής γλώσσας επιπέδου ICAO English Proficiency Standard levels 4 ή ανώτερο για πτήσεις UAV “specific” & “certified” κατηγορίας.

(Δ11/Γ/8684/6113 – ΦΕΚ Β1607/10-05-2017) Καθορίζει τα αντίστοιχα παράβολα που απαιτείται να καταβληθούν για την πτήση και την εμπορική εκμετάλλευση των UAVs.

2.4 Τα UAVs ως σύγχρονα μέσα μεταφοράς φορτίων

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, τα UAVs από την αρχική τους παρουσία στην αγορά ως “gadget” ψυχαγωγίας και φωτογραφίας, ξεκίνησαν να επεκτείνονται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, μεταξύ των οποίων ήταν και η μεταφορά πακέτων (Haidari et al, 2016). Εταιρείες κολοσσοί που δραστηριοποιούνται στον χώρο του παγκόσμιου εμπορίου προϊόντων όπως η Amazon, η Google και η DHL ξεκίνησαν να αναπτύσσουν δικά τους συστήματα UAVs μικρού μεγέθους, τα οποία χρησιμοποίησαν πειραματικά για τη διανομή των προϊόντων τους στους πελάτες.

Η επιτυχία αυτής της απόπειρας, είχε ως επακόλουθο την ολοένα και πιο εντατική χρήση τους για την παράδοση του «τελευταίου μιλίου», καθώς αποδείχθηκε πολύ αποτελεσματικότερος τρόπος μεταφοράς, σε σχέση με τα συμβατικά οδικά μέσα. Πλέον, η χρήση τους ως μεταφορικά μέσα είναι τόσο διαδεδομένη, που τα εν λόγω συστήματα αποτελούν μία ξεχωριστή υποκατηγορία UAVs, γνωστή ως “Cargo Drones” ή “CUAVs”(Cargo UAVs), η οποία μελετάται μεμονωμένα, ως προς την εξέλιξή της και τις δυνατότητες που προσφέρει στα “Logistics” των επιχειρήσεων και στους τελικούς καταναλωτές.



Εικόνα: Η χρήση των UAVs ως μέσα μεταφοράς, αποτελεί μία εκ των δημοφιλέστερων εφαρμογών στην παγκόσμια αγορά των μη-στρατιωτικών UAVs (Πηγή: www.transmetrics.eu 27/12/2020))

2.4.1 Παραδείγματα σύγχρονων εφαρμογών CUAVs

A) Amazon: Στα τέλη του 2016, η Amazon παρουσίασε την υπηρεσία “Prime Air” με την οποία ήταν δυνατή η άμεση παράδοση του προϊόντος, σε χρόνο μόλις 30 περίπου λεπτά από την υποβολή της παραγγελίας του (για πακέτα μικρότερα των 5 κιλών και σε περιοχές που βρισκόταν σε συγκεκριμένη ακτίνα από τις αποθήκες των εμπορευμάτων). Η πρώτη πτήση πραγματοποιήθηκε τον Δεκέμβριο του 2016 και το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της ήταν το γεγονός ότι, όλη η διαδικασία της φόρτωσης του πακέτου στο Drone και της παράδοσης στην πόρτα του καταναλωτή, πραγματοποιήθηκε εντελώς αυτόνομα, χωρίς καμία ανθρώπινη παρέμβαση (<https://transmetrics.eu/blog/delivery-drones-logistics>, 29/12/2020).

B) DHL: Η DHL κινήθηκε περισσότερο προς την κατεύθυνση της φαρμακευτικής υποστήριξης απομακρυσμένων περιοχών, με τη χρήση του “Parcelcopter”, με το οποίο ανέλαβε να τροφοδοτήσει απομακρυσμένα χωριά στη Βόρεια Γερμανία με φάρμακα. Με αυτό τον τρόπο, διευκολύνθηκε η πρόσβαση των φαρμάκων σε περιοχές που ήταν αποκλεισμένες λόγω καιρικών συνθηκών (κλειστό οδικό δίκτυο λόγω παγετού/ χιονόπτωσης) ή στις οποίες η ποιότητα του οδικού δικτύου δεν εξυπηρετούσε τη συχνή μετακίνηση οχημάτων (<https://www.dpdhl.com/en/media-relations/specials/dhl-parcelcopter.html>, 29/12/2020)

Γ) Google: Εν μέσω της πανδημίας του COVID-19, η Google με το “Wing” Drone που ανέπτυξε, διεξήγαγε περισσότερες από 1.000 παραδόσεις πακέτων σε Αμερικάνικα νοικοκυριά μέσα σε διάστημα λίγων εβδομάδων. Τα πακέτα περιείχαν φάρμακα, παιδικές τροφές και είδη πρώτης ανάγκης και διανεμήθηκαν σε οικογένειες που απέφευγαν να βγουν εκτός της οικείας τους και να συναναστραφούν με κόσμο, λόγω του αυξημένου ρίσκου μετάδοσης του ιού. Τα συγκεκριμένα Drones της “Wing” χρησιμοποιήθηκαν και από άλλους παρόχους υπηρεσιών, όπως την εταιρεία FedEx και την αλυσίδα Supermarket “Walgreens” για την κατ οίκον παράδοση πακέτων (<https://x.company/projects/wing>, 29/12/2020).

Δ) UPS: Η εταιρεία ξεκίνησε να εφαρμόζει τον συνδυασμό μεταφορικών μέσων για την παράδοση των πακέτων της, με τη χρήση φορτηγών και Drones. Το μεγαλύτερο μέρος της διαδρομής (εθνικές οδοί και περιφερειακά οδικά δίκτυα) καλύπτεται από

τα φορτηγά. Το τελευταίο κομμάτι της διαδρομής (last mile), πραγματοποιείται με την χρήση Drone, το οποίο απογειώνεται από την οροφή του φορτηγού και καλύπτει το τελευταίο σκέλος (το οποίο όμως συνήθως είναι και το δυσκολότερο, καθώς αφορά το αστικό δίκτυο και όλα τα προβλήματα που το συνοδεύουν). Το Drone έχει αυτονομία μισής ώρας (30 min) και μπορεί να κουβαλήσει φορτία βάρους μέχρι τα 4 κιλά. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η κυκλοφοριακή συμφόρηση στο κέντρο των πόλεων και εξοικονομείται πολύτιμος χρόνος.

Η θυγατρική εταιρεία που εμπορεύεται την μεταφορική χρήση των Drones μάλιστα, είναι η πρώτη που λειτουργεί υπό την πιστοποίηση “CFR 14 - Part 135 Air Carrier and Operator Certification” η οποία παραχωρείται από την Αμερικανική Ομοσπονδιακή Αεροπορική Διοίκηση (FAA) και πιστοποιεί ότι οι πτήσεις των συστημάτων της, πληρούν όλα τα επίσημα κριτήρια ασφάλειας και συμμόρφωσης προς τους κανονισμούς, ως ιπτάμενα μεταφορικά μέσα (<https://pressroom.ups.com/pressroom/ContentDetailsViewer.page?ConceptType=PressReleases&id=1569933965476-404>, 29/12/2020).

Τα CUAVs στον χώρο της Ναυτιλίας

Όπως ήταν φυσικό, ο κλάδος της Ναυτιλίας δεν μπορούσε να μείνει έξω από τις σύγχρονες μεταφορικές τάσεις και τη χρήση των νέων τεχνολογιών. Τα CUAVs γρήγορα επεκτάθηκαν και σε Ναυτικές εφαρμογές, ωστόσο λόγω του μικρού όγκου και βάρους των πακέτων που μπορούσαν να μεταφέρουν μέχρι πρόσφατα, οι περιπτώσεις χρήσης τους, αφορούν κυρίως τις ακόλουθες εφαρμογές:

- Μεταφορά εγγράφων και μικρών πακέτων (<5 Kg) μεταξύ πλοίων και λιμανιού.
- Τεχνική επιθεώρηση των περιμετρικών τμημάτων του πλοίου, για ενδείξεις βλαβών ή ελαττωματικού εξοπλισμού.
- Επείγουσα μεταφορά φαρμάκων και ιατρικού εξοπλισμού στο πλοίο.

A) Maersk: Στον τομέα της Ναυτιλίας, πρώτη η Maersk ξεκίνησε να πειραματίζεται με τη χρήση των Drones στον τομέα της Ναυτιλίας. Το τμήμα των Tankers πραγματοποίησε επιτυχώς την πρώτη παράδοση μικρού πακέτου στο πλοίο “Maersk Edgar” και εξετάζει την προοπτική της ευρύτερης εφαρμογής τους. Ο κολοσσός “AP Moller Maersk Group” έχει επίσης εφαρμόσει τη χρήση των UAVs για την επιθεώρηση πλοίων του στόλου αλλά και την παράδοση μικρών πακέτων (<https://e-nautilia.gr/h-maerks-dokimazeipetihimena-tin-paradosi-se-ploio-meso-drone>, 12/11/2020).

B) F-Drones: Η start-up εταιρεία κατασκευής Mini UAVs εκτέλεσε επιτυχώς την πρώτη δοκιμή μεταφοράς πακέτου σε πλοίο, πέραν από τον οπτικό ορίζοντα του συστήματος (BVLoS) στην Σιγκαπούρη τον Απρίλιο του 2020. Παρά το γεγονός ότι η δοκιμή είχε προγραμματιστεί πριν από το ξέσπασμα της επιδημίας του COVID-19, η εν λόγω απόπειρα αποδείχθηκε εξαιρετικά αποτελεσματική για τον περιορισμό των κοινωνικών επαφών και την διατήρηση της ανταλλαγής πακέτων με τα πληρώματα (<https://www.suasnews.com/2020/04/f-drones-completes-first-commercial-beyond-visual-line-of-sight-bvlos-drone-delivery-in-singapore>, 12/11/2020).

2.4.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των CUAVs

Η χρήση των UAVs ως μέσα μεταφοράς, σημειώνει τα ακόλουθα θετικά και αρνητικά στοιχεία:

Πλεονεκτήματα

- Εξοικονόμηση χρόνου στην παράδοση “Last mile”, καθώς αποφεύγεται η χρήση των αστικών οδικών δικτύων.
- Αποσυμφόρηση του αστικού οδικού δικτύου και των θέσεων στάθμευσης μικρής διάρκειας, με την απουσία φορτηγών και λοιπών μεταφορικών οχημάτων από το κέντρο της πόλης.
- Μηδενικές εκπομπές ρύπων – Προστασία του περιβάλλοντος.
- Εξοικονόμηση καυσίμου και μεγαλύτερη διαθεσιμότητα των συμβατικών μεταφορικών για άλλες αποστολές.

Ιδιαίτερα με τη νέα πραγματικότητα που δημιούργησε η έξαρση του ιού “SARS COVID-19” στο παγκόσμιο εμπόριο, η παράδοση πακέτων με CUAVs σημείωσε επιπλέον τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Μηδενική επαφή μεταξύ του αποστολέα και των παραληπτών των πακέτων.
- Παράδοση πακέτων ακόμη και σε περιοχές που είχαν αποκλειστεί λόγω καραντίνας και δεν επιτρεπόταν η είσοδος σε μη μόνιμους κατοίκους.
- Διατήρηση των εμπορικών συναλλαγών εν μέσω της πανδημίας, η οποία έδωσε ανάσα στην οικονομία που δέχτηκε τεράστιο πλήγμα.

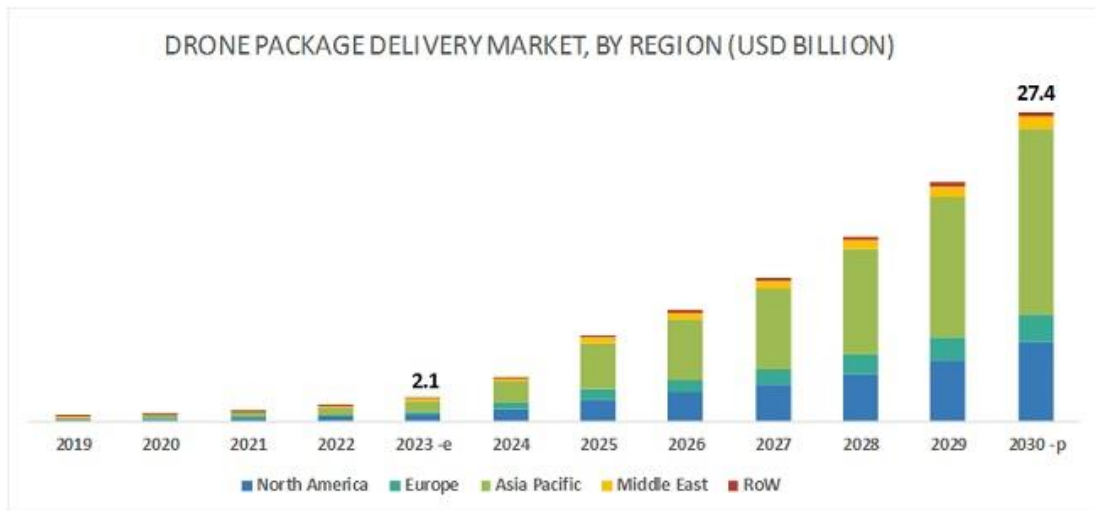
Μειονεκτήματα

- Περιορισμένο ωφέλιμο φορτίο.
- Δυνατότητα μεταφοράς ενός μόνο πακέτου ανά διαδρομή.
- Μικρότερη εμβέλεια λόγω διάρκειας ζωής των μπαταριών.
- Απαίτηση συχνότερης εξυπηρέτησης των συστημάτων για την φόρτιση ή την αλλαγή των μπαταριών.
- Ζητήματα φυσικής ασφάλειας και νομικοί περιορισμοί, στη χρήση τους εντός αστικών περιοχών.
- Απαίτηση εκπαίδευσης του προσωπικού που τα χειρίζεται.
- Δυσκολία προσέγγισης συγκεκριμένων περιοχών που βρίσκονται ανάμεσα σε ψηλά κτίρια και στενούς δρόμους.

2.4.3 Η προοπτική της εξέλιξης των CUAVs

Η παγκόσμια αγορά των μεταφορικών UAVs βρίσκεται ακόμη σε πολύ πρώιμο στάδιο ανάπτυξης, παρόλα αυτά όμως τα CUAVs κατέχουν ήδη περίπου το 10% των πωλήσεων εμπορικών UAVs παγκοσμίως, ποσοστό το οποίο μεταφράζεται σε αξία 1,4 δις δολάρια (<https://json.tv/en/documents>, Market Review 2020, 29/12/2020). Οι μελλοντικές προβλέψεις επισημαίνουν ότι οι μεταφορικές υπηρεσίες που βασίζονται στα CUAVs αναμένεται σύντομα να ξεπεράσουν κατά πολύ το συγκεκριμένο ποσοστό. Από τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην κατασκευή

των CUAVs παγκοσμίως, το 56% δηλώνει ήδη έτοιμο να προσφέρει τις εν λόγω υπηρεσίες στους ενδιαφερόμενους, ενώ το υπόλοιπο 44% αναπτύσσει νέα συστήματα με βελτιωμένες δυνατότητες, τα οποία θα είναι σύντομα διαθέσιμα στην αγορά.



e-estimated, p-projected

Εικόνα: Πρόβλεψη για την ανάπτυξη της αγοράς των CUAVs 2019-2030 (Πηγή: www.marketsandmarkets.com 03/01/2021)

Η αρχική τάση των κατασκευαστών στράφηκε προς την κατασκευή ελαφριών συστημάτων μικρού μεγέθους, τα οποία διαθέτουν αντίστοιχα περιορισμένες δυνατότητες μεταφοράς φορτίου και μικρή διάρκεια αυτονομίας. Ο κυριότερος λόγος ήταν, ασφαλώς, το χαμηλό κόστος κατασκευής και η ευκολία χρήσης τους, χωρίς τις υποχρεώσεις που προβλέπει το νομικό πλαίσιο λειτουργίας για τα μεγαλύτερα συστήματα. Ως εκ τούτου, το δημοφιλέστερο είδος CUAVs στην υφιστάμενη αγορά είναι τα “Multi-copters” συνολικού βάρους κάτω των 25 kg (με φορτίο), για τη μεταφορά μικρών πακέτων σε εμβέλεις της τάξης μερικών χιλιομέτρων (Haidari et al., 2016).

Παρόλα αυτά, η σύγχρονη προσέγγιση των νέων κατασκευαστών που θέλουν να αποκτήσουν ένα μερίδιο της εμπορικής αγοράς των εναέριων μεταφορών κινείται προς την κατασκευή μεγαλύτερων συστημάτων, με αυξημένες μεταφορικές δυνατότητες και μεγαλύτερη αυτονομία πτήσης, προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες μεταφοράς βαρύτερων φορτίων. Η προοπτική της εξέλιξης λοιπόν, είναι η

κατασκευή συστημάτων βαρέων φορτίων, των επονομαζόμενων “Heavy Lift Drones”.

Στις ακόλουθες παραγράφους δίνονται μερικά παραδείγματα κατασκευαστών που αναπτύσσουν συστήματα μεταφοράς βαρύτερων φορτίων, τα οποία θα μπορούσαν να συνεισφέρουν με τις υπηρεσίες τους και στον κλάδο της Ναυτιλίας.

A) BOEING: Η εταιρεία που έγινε παγκοσμίως γνωστή για την κατασκευή των δημοφιλέστερων εμπορικών αεροσκαφών, προχώρησε στην ανάπτυξη ενός πρωτοτύπου (CARGO DRONE PROTOTYPE) μεταφορικού UAV, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί ως βάση για τις δοκιμή και την ανάπτυξη των μελλοντικών συστημάτων. Το πρωτότυπο CUAV είχε βάρος 393 κιλά, μήκος 4,57 μέτρα και ύψος 1,22 μέτρα και κατάφερε να ανυψώσει και να μεταφέρει φορτίο βάρους 227 κιλών σε μικρή απόσταση.

Το συγκεκριμένο project είχε αναληφθεί από τη θυγατρική εταιρεία “Boeing Horizon X”, η οποία σε συνεργασία με τεχνικούς και μηχανικούς της Boeing κατάφερε να σχεδιάσει και να αναπτύξει το σύστημα σε χρονικό διάστημα μικρότερο των 3 μηνών. Η εξέλιξη του εν λόγω concept, αναμένεται να αποδειχθεί εξαιρετικά ενδιαφέρουσα για τις μεταφορές βαρέων φορτίων (<https://www.dezeen.com/2018/01/16/boeing-reveals-delivery-drone-carry-500-pounds-cargo-technology-transport-ces>, 15/11/2020).

B) GRIFF DRONES: Πρόκειται για μία νέα εταιρεία που στοχεύει στην ανάπτυξη σύγχρονων μεταφορικών UAVs, τα οποία χαρακτηρίζονται από την εξαιρετική ποιότητα των υλικών κατασκευής και τις αυξημένες μεταφορικές τους δυνατότητες.

Το πλαίσιο τους κατασκευάζεται από αλουμίνιο υψηλής ποιότητας, το οποίο απορροφά τις υψηλές θερμοκρασίες και διατηρεί τις ιδανικές συνθήκες λειτουργίας στο σύστημα. Επιπλέον, το “modular design” της πλατφόρμας, επιτρέπει την άμεση αλλαγή μπαταριών και φορτίων, ενώ οι μεταφορικές τους ικανότητες μπορούν να φτάσουν μέχρι τα 50 κιλά ωφέλιμου φορτίου και τα 30 λεπτά αυτονομίας (με φορτίο 30 kg). Η ταχύτητα φόρτισης των μπαταριών είναι επίσης μεγάλη, καθώς μία πλήρης

φόρτιση μπορεί να επιτευχθεί σε λιγότερο από μία ώρα (60 min) (<https://griffaviation.com>, 15/11/2020).

Γ) F-DRONES: Η εταιρεία ιδρύθηκε τον Μάρτιο του 2019 στη Σιγκαπούρη και τον Μάιο του ίδιου έτους, δοκίμασε επιτυχώς το πρώτο της πρωτότυπο. Τον Νοέμβριο έλαβε τις απαραίτητες άδειες και πιστοποιήσεις από τους αρμόδιο Οργανισμό Πολιτικής Αεροπορίας για να μπορεί να επιχειρεί τα Drones της ελεύθερα στην περιοχή της Σιγκαπούρης και τον Δεκέμβριο κατάφερε να εκτελέσει με επιτυχία τις πρώτες παραδόσεις πακέτων. Τον επόμενο Απρίλιο, μόλις ένα χρόνο μετά την ίδρυσή της, η εταιρεία κατάφερε την πρώτη παράδοση πακέτου πέραν από τον οπτικό ορίζοντα (BVLoS) σε πλοίο στο λιμάνι της Σιγκαπούρης. Επίσης, ανέπτυξε Drone το οποίο μπορεί να μεταφέρει 5 κιλά φορτίου, σε απόσταση μεγαλύτερη των 45 χιλιομέτρων.

Στην παρούσα φάση, η εταιρεία ασχολείται με την ανάπτυξη του σημαντικότερου μοντέλου της, ένα σύστημα CUAV βαρέων βαρών “Heavy Lift Drone” το οποίο υπόσχεται να αναλαμβάνει μεταφορές “100-100” (βάρους 100 κιλών, για απόσταση 100 χιλιομέτρων), κάτι το οποίο θα δημιουργήσει μία εντελώς νέα πραγματικότητα στον κλάδο των Logistics και ιδιαίτερα στο χώρο των Maritime Logistics (<https://www.f-drones.com>, 25/11/2020).

Δ) VOLOCOPTER: Η εταιρεία δραστηριοποιείται έντονα στον χώρο των αστικών μεταφορών “Urban Air Mobility” (UAM) και σε συνεργασία με την “Lufthansa Industry Solutions” παρέχουν λύσεις για τη βελτιστοποίηση των αστικών μεταφορών εμπορευμάτων και τη μελλοντική ανάπτυξη των εναέριων αστικών μετακινήσεων (Air Taxi Services) (<https://www.volocopter.com/en/volodrone>, 15/11/2020).

Ε) SABREWING: Η εταιρεία αναπτύσσει το πρωτότυπο “Rhaegal RG-1” το οποίο αναμένεται να λειτουργήσει το 2022. Πρόκειται για ένα CUAV με κινητήρες μεταβλητής διεύθυνσης ώσης (Tilt-Rotor) το οποίο υπόσχεται τη δυνατότητα μεταφοράς φορτίων περίπου 2,5 τόνων (σε δυνατότητα κάθετης Α/Γ – VTOL). Το ωφέλιμο φορτίο μπορεί να επεκταθεί μέχρι και τους 4,5 τόνους, σε αυτή την περίπτωση όμως το CUAV χρειάζεται τον απαραίτητο χώρο για συμβατική

απογείωση (αεροδιάδρομο μήκους 914m). Η ταχύτητα πλεύσης με φορτίο μπορεί να φτάσει τα 407 Km/h (<https://www.sabrewingaircraft.com/cargo-uav>, 25/11/2020).

2.4.4 Οι προκλήσεις για την ανάπτυξη Heavy Lift CUAVs

Η βελτίωση των μεταφορικών δυνατοτήτων ενός CUAV, αποτελεί ένα δύσκολο εγχείρημα που εξαρτάται από πολλούς και σημαντικούς παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του συστήματος αλλά και το τελικό κόστος παραγωγής του. Αυτοί αναλύονται ακολούθως:

A) Η τεχνολογία των μπαταριών: Η κίνηση των UAVs (τουλάχιστον στην πλειοψηφία των Drones, που κινούνται με έλικες) βασίζεται στην ηλεκτρική ενέργεια που λαμβάνουν οι ηλεκτροκινητήρες από τις μπαταρίες. Οι μπαταρίες μπορούν να αποθηκεύσουν συγκεκριμένα ποσά ενέργειας, ανάλογα με τη χωρητικότητά τους. Επίσης, χρειάζονται συγκεκριμένο χρονικό διάστημα για την πλήρη τους επαναφόρτιση, το οποίο ποικίλει ανάλογα με την τεχνολογία των μπαταριών.

Συνεπώς, για να επιτευχθούν οι βέλτιστοι χρόνοι αυτονομίας για την πτήση, θα πρέπει:

- Οι μπαταρίες να έχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα.
- Οι μπαταρίες να μπορούν να επαναφορτίσουν γρηγορότερα.
- Εναλλακτικά, να χρησιμοποιηθούν περισσότερες μπαταρίες, γεγονός που αυξάνει σημαντικά το συνολικό βάρος του συστήματος.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, εκτός από τους κινητήρες, οι μπαταρίες τροφοδοτούν και όλα τα υπόλοιπα συστήματα ενός UAV, όπως πχ το FCS, το GPS και το Data link, συστήματα δηλαδή τα οποία είναι απαραίτητα για την ομαλή και ασφαλή λειτουργία του UAV και τη διαρκή επικοινωνία του με τον χειριστή. Συνεπώς, πέρα από τις δυνατότητες της ίδιας της μπαταρίας, αντίστοιχη μέριμνα θα πρέπει να δοθεί και στη διαχείριση της ενέργειάς της, από το σύνολο των ηλεκτρονικών συστημάτων του UAV.

Β) Τα υλικά του πλαισίου: Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του UAV, έχουν επίσης μεγάλη σημασία για τη μεταφορική του ικανότητα, καθώς επηρεάζουν τόσο το βάρος της πλατφόρμας, όσο και το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο που μπορεί να ανυψώσει, χωρίς τον κίνδυνο παραμόρφωσης ή ακόμη και καταστροφής του.

Η μείωση του βάρους σε συνδυασμό με την αύξηση της αντοχής του πλαισίου, απαιτεί την χρήση εξειδικευμένων υλικών, όπως συμβαίνει και στο χώρο της αυτοκινητοβιομηχανίας ή των αεροπορικών συστημάτων. Υλικά όπως το τιτάνιο, το αλουμίνιο και τα ανθρακονήματα, χρησιμοποιούνται από τους κορυφαίους κατασκευαστές αυτοκινήτων και αεροσκαφών για την επίτευξη στιβαρών και ελαφριών πλαισίων, ικανών να αντέχουν μεγάλα φορτία και τάσεις παραμόρφωσης.

Η συγκεκριμένη λύση, αν και εύκολη στην εφαρμογή της, λόγω της διαπιστευμένης επιτυχίας της στους άλλους κλάδους, ανεβάζει σημαντικά το κόστος κατασκευής της πλατφόρμας. Συνεπώς θα πρέπει να εκτιμηθεί εάν το αυξημένο κόστος κατασκευής, θα καλυφθεί από τη λειτουργική χρήση του UAV.

Γ) Η συνολική ισχύς των κινητήρων του: Το πεδίο χρήσης ενός CUAV, συνδέεται άμεσα με τις μεταφορικές του δυνατότητες. Η μεταφορά βαρύτερων φορτίων απαιτεί μεγαλύτερη δύναμη άνωσης στο σύστημα, η οποία προϋποθέτει ισχυρότερους κινητήρες στο UAV.

Δ) Ο χώρος πρόσδεσης του ωφέλιμου φορτίου: Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό δεν είναι τόσο σημαντικό όταν αναφερόμαστε στη μεταφορά μικρών και ελαφρών πακέτων, παίζει όμως καθοριστικό ρόλο όταν απαιτείται η μεταφορά μεγαλύτερων φορτίων. Πιο συγκεκριμένα:

- Η θέση του φορτίου θα πρέπει να είναι σε σημείο που να διατηρεί χαμηλά το κέντρο βάρους του CUAV, ώστε να παραμένει σταθερό και να μην επηρεάζονται αισθητά τα πτητικά του χαρακτηριστικά.
- Το φορτίο θα πρέπει να προστατεύεται από τα κινούμενα μέρη του CUAV και να μην είναι εκτεθειμένο σε πιθανή σύγκρουση με το έδαφος,

κατά την προσγείωση. Για τον λόγο αυτό, θα πρέπει να βρίσκεται σε ασφαλή απόσταση από τις έλικες, ενώ παράλληλα να προστατεύεται από το σώμα του Drone, ώστε να μην είναι το πρώτο σημείο που έρχεται σε επαφή με το έδαφος κατά την προσγείωση.

- Το φορτίο θα πρέπει να διατηρείται επαρκώς ασφαλισμένο στο σημείο πρόσδεσης, ώστε να αποφευχθεί η πιθανότητα απασφάλισης κατά την πτήση, η οποία ενδέχεται να προκαλέσει σοβαρό ατύχημα σε ανθρώπους ή περιουσιακά στοιχεία του περιβάλλοντος. Αυτή είναι ίσως και η σοβαρότερη πρόκληση για ένα CUAV, καθώς επηρεάζει στον σημαντικότερο βαθμό την φυσική ασφάλεια του περιβάλλοντος, στο οποίο ίπταται.

2.4.5 Η επιλογή της κατάλληλης πλατφόρμας CUAV

Πέρα όμως από τα ανωτέρω γενικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν όλα τα CUAVs, ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στην επιλογή της κατάλληλης πλατφόρμας, πάνω στην οποία θα στηριχθεί η κατασκευή ενός CUAV. Στον ακόλουθο πίνακα, δίνονται τα χαρακτηριστικά κάθε πλατφόρμας και τονίζονται τα πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί τους.

Πίνακας 6: Κατηγορίες και χαρακτηριστικά UAVs, ως προς τη δομή τους

Κατηγορία UAV	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Σταθερής πτέρυγας (Fixed Wing)	Μεγάλη εμβέλεια Ανθεκτικότητα Μικρό κόστος υλικών Εξοικονόμηση ενέργειας	Μεγαλύτερος απαιτούμενος χώρος Α/Γ-Π/Γ Μικρότερη ευελιξία
Μονής έλικας (Ελικόπτερο)	Κάθετη Α/Γ-Π/Γ Μεγαλύτερη ευελιξία Μεγαλύτερο ωφέλιμο φορτίο	Κόστος κατασκευής Κόστος συντήρησης
Πολλαπλών ελίκων (Multicopter)	Κάθετη Α/Γ-Π/Γ Εύκολη εκκίνηση Μικρό βάρος	Μικρό ωφέλιμο φορτίο Μικρή αυτονομία
Έλικας με μεταβαλλόμενη διεύθυνση ώσης (Tilt-rotor)	Συνδυασμός πλεονεκτημάτων Fixed Wing και Multicopter	Πολυπλοκότητα κατασκευής Κόστος κατασκευής



Εικόνα: UAV σταθερής πτέρυγας (Fixed Wing) (Πηγή: www.glaive.store 11/01/2021)



Εικόνα: UAV Μονής έλικας (Helicopter) (Πηγή: www.aerialrobotics.com 11/01/2021)



Εικόνα: UAV Πολλαπλών ελίκων (Multicopter) (Πηγή: www.dhl.com 11/01/2021)



Εικόνα: UAV με μεταβαλλόμενη διεύθυνση ώσης (Tilt-rotor) (Πηγή: www.naval-technology.com 11/01/2021)

3. Μεθοδολογία

3.1 Ερευνητική Προσέγγιση

Η έρευνα της παρούσας εργασίας θα επιχειρήσει να αναδείξει την προοπτική της χρήσης των συστημάτων CUAVs στη Ναυτιλία, για την κάλυψη συγκεκριμένων μεταφορικών αναγκών από και προς τα πλοία. Προς αυτή την κατεύθυνση, τα CUAVs θα αξιολογηθούν συγκριτικά με τα υπόλοιπα διαθέσιμα μεταφορικά μέσα, σε ένα σύνολο διαφορετικών συνθηκών μεταφοράς φορτίου, ώστε να διαπιστωθεί εάν η χρήση τους αποτελεί πιο συμφέρουσα λύση από τους συμβατικούς τρόπους μεταφοράς ή/και να διευκρινιστούν συγκεκριμένες αδυναμίες που την αποτρέπουν. Ως εκ τούτου, η συλλογιστική πορεία της έρευνας θα ακολουθήσει τα εξής βήματα:

- Αρχικά θα προσδιοριστούν οι πιθανές περιπτώσεις μεταφοράς ειδών από/ προς το πλοίο, οι οποίες θα μπορούσαν να υλοποιηθούν και με τη χρήση CUAVs.
- Στη συνέχεια, θα εκτιμηθούν τα ποσοτικά στοιχεία των αντίστοιχων μεταφερόμενων ειδών ανά περίπτωση (βάρος και όγκος), τα οποία θα καθορίσουν την κατηγορία των συστημάτων CUAVs που θα είναι σε θέση να τα μεταφέρουν (Light/ Medium/ Heavy-weight κλπ).
- Έπειτα, θα ακολουθήσει μία συγκριτική αξιολόγηση όλων των υποψήφιων μεταφορικών μέσων, τα οποία θα μπορούσαν να ανταποκριθούν στην εκάστοτε συνθήκη μεταφοράς (συμβατικά + CUAVs). Η αξιολόγηση θα πραγματοποιηθεί αναφορικά με ένα σύνολο παραγόντων (κόστος, χρόνος, διαθεσιμότητα, μεταφορική ικανότητα) με τη χρήση κατάλληλου εργαλείου και θα εξαχθούν συναφή αποτελέσματα, τα οποία θα υποδηλώνουν το καταλληλότερο μεταφορικό μέσο, ανά περίπτωση.

Τέλος, πέραν των πορισμάτων που θα εξαχθούν από την εν λόγω αξιολόγηση, θα αναπτυχθεί και ένα υποθετικό μοντέλο μελέτης, το οποίο θα αναπαριστά την λειτουργία ενός σταθμού CUAVs, για την εξυπηρέτηση των πλοίων. Το υποθετικό μοντέλο θα εφαρμοστεί στο πραγματικό γεωγραφικό περιβάλλον ενός

εμπορικού λιμανιού, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί ως σημείο αναφοράς, ώστε να μελετηθεί συμπληρωματικά και η αλληλεπίδραση των CUAVs με το άμεσο περιβάλλον λειτουργίας τους.

3.2 Σχεδιασμός Εργαλείου

Ο προσδιορισμός των περιπτώσεων μεταφοράς φορτίων από/προς τα πλοία, που θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν από CUAVs, θα γίνει με τη συνεκτίμηση δύο παραγόντων. Αρχικά, θα πραγματοποιηθούν συνοπτικές συνεντεύξεις με μέλη του τμήματος Προμηθειών Ελληνικών Ναυτιλιακών Εταιρειών, ώστε να καταγραφούν οι υφιστάμενες περιπτώσεις στις οποίες απαιτείται η μεταφορά/ ανταλλαγή ειδών μεταξύ πλοίου και ξηράς. Στη συνέχεια, θα ληφθούν πληροφορίες για τα ποσοτικά στοιχεία των αντίστοιχων ειδών, μέσα από τους εμπορικούς καταλόγους των προϊόντων ή/ και την απευθείας επικοινωνία με τους αντίστοιχους προμηθευτές των ειδών. Το βάρος και ο όγκος των ειδών προς μεταφορά, θα υποδηλώνουν τη δυνατότητα της μεταφοράς τους με CUAVs, λαμβάνοντας υπόψη τις τρέχουσες δυνατότητες των συστημάτων.

Για την συγκριτική αξιολόγηση των διαθέσιμων μεταφορικών μέσων και για την εκτίμηση του αποδοτικότερου μέσου ανά περίπτωση, θα χρησιμοποιηθεί το εργαλείο της «Λήψης Αποφάσεων με Πολλαπλά Κριτήρια» (Multi-Criteria Decision Analysis Tool – MCDA), το οποίο θα παρουσιαστεί αναλυτικότερα σε επόμενη ενότητα της εργασίας (4.4). Οι βαθμοί επίδοσης κάθε μέσου στα εν λόγω κριτήρια, θα αποδοθούν ακολουθώντας συγκεκριμένες παραδοχές.

Η ανάπτυξη του υποθετικού μοντέλου μελέτης, θα παρουσιαστεί αναλυτικά στην ενότητα «7» της εργασίας, και θα προσομοιώνει τη λειτουργία ενός σταθμού εξυπηρέτησης πλοίων με CUAVs, στην ευρύτερη περιοχή ενός εμπορικού λιμανιού. Στο υπόψη μοντέλο, θα αποτυπώνονται οι πιθανές θέσεις του σταθμού, η έκταση των περιοχών στις οποίες τα CUAVs θα μπορούν να εξυπηρετήσουν τα πλοία (λαμβάνοντας υπόψη όλους τους παράγοντες που τις επηρεάζουν), καθώς επίσης και οι αντίστοιχες προκλήσεις και περιορισμοί που θέτει το παρόν Νομοθετικό πλαίσιο και το άμεσο περιβάλλον λειτουργίας τους.

4. Υλοποίηση

4.1 Πιθανές περιπτώσεις μεταφοράς ειδών με CUAVs, στον Κλάδο της Ναυτιλίας

Μέσα από την παρατήρηση των σύγχρονων εφαρμογών UAVs στη Ναυτιλία και σε λοιπούς κλάδους (μελέτη βιβλιογραφίας), αλλά και από τις πληροφορίες που συλλέχθηκαν από το προσωπικό Ελληνικών Ναυτιλιακών Εταιρειών, γίνεται αντιληπτό ότι η χρήση των UAVs, εν γένει, θα μπορούσε να υποστηρίξει δύο βασικές κατηγορίες εφαρμογών:

- α) την επιτήρηση μέσων και περιοχών (η οποία συνεπάγεται τη χρήση του UAV ως ιπτάμενο μέσο φωτογράφισης και βιντεοσκόπησης) και
- β) την μεταφορά ειδών μεταξύ ξηράς-πλοίου (CUAV).

Επιμέρους περιπτώσεις ανά κατηγορία, αναφέρονται ακολούθως:

α) Επιτήρηση

- Λιμενικοί έλεγχοι στα πλοία (Maritime Patrol)
- Παρακολούθηση μόλυνσης στην ευρύτερη περιοχή των λιμένων
- Έρευνα και διάσωση (μόνο για τον εντοπισμό)
- Έγκαιρη προειδοποίηση / Αποφυγή απόπειρας πειρατείας
- Μέτρηση/ υπολογισμός καναλιών πλοήγησης
- Επιθεώρηση περιμετρικών επιφανειών του πλοίου

β) Μεταφορά ειδών (CUAVs)

- Επείγουσες παραδόσεις φορτίων μικρού βάρους στα πλοία
- Παράδοση φαρμάκων, ιατρικού εξοπλισμού
- Ανταλλαγή διοικητικών & εμπορικών εγγράφων
- Παράδοση κρίσιμων ανταλλακτικών και εξοπλισμού
- Έρευνα και διάσωση (μεταφορά σωστικών μέσων ή προσώπων)

Για τον τομέα της επιτήρησης, όλες οι πιθανές υποπεριπτώσεις δύναται να καλυφθούν επαρκώς με τη χρήση συμβατικών Drones μικρού μεγέθους (και κόστους αγοράς αντίστοιχα), με κυριότερα κριτήρια επιλογής την αυτονομία τους και την ποιότητα της κάμερας που διαθέτουν. Η χρήση τους εξοικονομεί σημαντικό χρόνο και κόστος, σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους, με αποτέλεσμα να σημειώνει ήδη ολόένα και μεγαλύτερη ανάπτυξη στον κλάδο.

Το αντικείμενο της μελέτης επικεντρώνεται στις μεταφορικές δυνατότητες των UAVs στη Ναυτιλία, συνεπώς θα εξεταστούν οι υποπεριπτώσεις που αφορούν τη μεταφορά ειδών από/ προς το πλοίο.

4.2 Μεταφερόμενα είδη – Ποσοτικά Χαρακτηριστικά

Όσον αφορά τα είδη που απαιτείται να μεταφερθούν από/ προς το πλοίο, το σημαντικότερο χαρακτηριστικό που θα κρίνει εάν η μεταφορά τους θα μπορούσε να υλοποιηθεί από τα UAVs, είναι το βάρος τους. Κάθε σύστημα CUAV θα είναι σε θέση να κουβαλήσει φορτία που δεν ξεπερνούν το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο του ($W_{item} \leq CUAV_{max\ payload}$).

Κατ' επέκταση, τα φορτία που ξεπερνούν σε βάρος το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο των ισχυρότερων CUAVs (Heavy-weight lift), δεν θα μπορούν να μεταφερθούν από κανένα UAV. Βάσει των υφιστάμενων δυνατοτήτων που παρατηρήθηκαν στα εμπορικά CUAVs κάθετης απογείωσης (VTOL) της σημερινής αγοράς (σχετικά παραδείγματα των οποίων αναφέρθηκαν σε προηγούμενη ενότητα), το τρέχον μέγιστο ωφέλιμο φορτίο για ένα CUAV, είναι της τάξης των 220-250 κιλών. Παρόλα αυτά, νέες εταιρείες του χώρου υπόσχονται μεγαλύτερα νούμερα στο μέλλον.

Εξαιτίας του βάρους, πρόσθετοι περιορισμοί ενδέχεται να προκύψουν και από το νομοθετικό πλαίσιο λειτουργίας των UAVs. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να λαμβάνεται επίσης υπόψη ότι, το συνολικό βάρος με το οποίο απογειώνεται το CUAV (σύστημα + φορτίο), το οποίο ορίζεται ως “Maximum Take-Off Mass – MTOM”, επηρεάζει μία σειρά παραγόντων, όπως την κλάση στην οποία υπάγεται το σύστημα (Class A – E) και την αντίστοιχη άδεια που υποχρεούται να διαθέτει ο χειριστής του. Οι κατηγορίες και τα αντίστοιχα διπλώματα χειριστών, δίνονται στον



ακόλουθο πίνακα που παρουσιάστηκε σε προηγούμενη ενότητα (Κεφάλαιο 2.3 Θεσμικό πλαίσιο χρήσης UAVs).

Κατηγορίες Αδειών Χειριστών




MTOM ΣμηΕΑ	Κατηγορία
Μέχρι 1 kg (<1)	UAS Pilot A
Από 1 kg (=>1kg) μέχρι 4 kgs (<4)	UAS Pilot B
Από 4kgs (=>4kgs) μέχρι 25 kgs (<25)	UAS Pilot C
Από 25 kgs (=>25kgs) μέχρι 150 kgs (< 150)	UAS Pilot D
Από 150 kgs (=>150) και άνω (Κανονισμός EASA)	UAS Pilot E

Στον ακόλουθο πίνακα, παρατίθενται ενδεικτικά παραδείγματα ειδών, για τις διάφορες περιπτώσεις μεταφοράς που αναφέρθηκαν:

Πίνακας 7: Παραδείγματα υπογήφινων ειδών προς μεταφορά από UAVs

Υλικά	Περιγραφή	Εκτιμώμενο Βάρος
Έγγραφα		1,5 Kgs
Φάρμακα/ Εμβόλια	<p>1. Φάρμακα</p> <ul style="list-style-type: none"> - γενικά - καρδιαγγειακά - του γαστροεντερικού συστήματος - του νευρικού συστήματος - του αναπνευστικού συστήματος - αντιλοιμώδη - εξωτερικής χρήσης 	4-15 Kgs
Ιατρικός Εξοπλισμός (Σετ Απινιδωτή)		3,5 Kgs

<p>Ιατρικός Εξοπλισμός Συσκευή παροχής οξυγόνου</p>		<p>8 kg</p>
<p>Σωσίβια αυτόματης διόγκωσης 10 τεμ</p>		<p>60 kgs</p>
<p>Απορροφητικά λιπαντικών/ ελαίων/ χημικών</p>		<p>50 Kgs (max)</p>
<p>Σωστική σχεδία 10 ατόμων (Solas A Pack)</p> <p>Σωστική σχεδία 10 ατόμων (Solas B Pack)</p>		<p>90 Kgs</p> <p>60 Kgs</p>
<p>Πλήρης στολή πυροπροστασίας</p>		<p>20 Kgs</p>
<p>Πυροσβεστήρας Αφρού (10 τεμ)</p> <p>Πυροσβεστήρας CO2 (10 τεμ)</p>		<p>70 Kgs</p> <p>25 Kgs</p>

Κρίσιμα Ανταλλακτικά Πλοίου		
Main Engine Spares		Limit (250 Kg)
Diesel Generator Main Spares		Limit (250 Kg)
AUX Boiler Spares		Limit (250 Kg)
Main Air-compressor Spares		Limit (250 Kg)
Pumps		Limit (250 Kg)
Alpha Lubricator Spares		Limit (250 Kg)
Emergency fire pumps		Limit (250 Kg)

4.3 Προσδιορισμός του πεδίου πιθανών εφαρμογών CUAVs

Ένα από τα βασικότερα σημεία της έρευνας, προτού να προχωρήσουμε στη σύγκριση των διαθέσιμων μέσων μεταφοράς, είναι να προσδιοριστούν με μεγαλύτερη ακρίβεια οι συγκεκριμένες κατηγορίες πλοίων στις οποίες θα μπορούσε να καταστεί πρακτικά εφικτή η παράδοση φορτίων με CUAVs. Όπως είναι γνωστό, τα εμπορικά πλοία διακρίνονται σε κατηγορίες, ανάλογα με τον τύπο του μεταφερόμενου φορτίου (Dry/Wet Bulk, LNG, Containerships κλπ) και σημειώνουν διαφορές ως προς τη δομή τους, την επικινδυνότητα των φορτίων τους, τη μορφολογία του καταστρώματός τους κ.α.

Η από αέρος μεταφορά και παράδοση υλικών, δεν είναι υλοποιήσιμη σε όλες τις κατηγορίες πλοίων, καθώς εγείρει τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Την ύπαρξη κατάλληλου χώρου στο κατάστρωμα, για την εύκολη προσέγγιση και προσγείωση του συστήματος CUAV, προκειμένου να εναποθέσει το φορτίο του και να αποχωρήσει. Ο χώρος αυτός είναι συνήθως το ελικοδρόμιο (Heliport) του πλοίου. Σε εξαιρετικά έκτακτες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε επίπεδη επιφάνεια του καταστρώματος προσφέρει επαρκή χώρο προσέγγισης και προσγείωσης του συστήματος (υπό την προϋπόθεση ότι πληροί τις προϋποθέσεις ασφαλείας της επόμενης παραγράφου).
- Την πιστή τήρηση όλων των κανονισμών ασφαλείας που διέπουν τη λειτουργία του πλοίου, με σκοπό την αποφυγή ατυχημάτων και επικίνδυνων καταστάσεων, που ενδέχεται να βλάψουν την ακεραιότητα του πλοίου, του πληρώματός του ή/και του άμεσου περιβάλλοντός του.

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, είναι σαφές ότι κατηγορίες πλοίων όπως τα Container Ships και τα LNG Tankers δεν μπορούν να εξυπηρετηθούν με τη χρήση CUAVs, καθώς δεν διαθέτουν κατάλληλο σημείο προσγείωσης στο κατάστρωμα. Επιπλέον, στα LNG Tankers, η χρήση ηλεκτρονικών συστημάτων εκπομπής Η/Μ ακτινοβολίας κοντά στο κατάστρωμα του πλοίου, είναι εξαιρετικά επικίνδυνη, λόγω των αναθυμιάσεων του φορτίου και απαγορεύεται ρητά από τους κανονισμούς ασφαλείας του πλοίου.



Εικόνα: LNG Tanker. Απουσία Heliport – Αυστηροί κανονισμοί ασφαλείας (Πηγή: www.researchgate.net 12/10/2020)



Εικόνα: Container Ship. Απουσία Heliport (Πηγή: www.en.wikipedia.org 12/10/2020)

Ως καταλληλότερη κατηγορία πλοίου, βάσει της κατασκευής, της επικινδυνότητας του φορτίου και της μορφολογίας του καταστρώματος, μπορούν να θεωρηθούν τα πλοία Dry-Bulk Carriers, τα οποία προσφέρουν ασφαλέστερες συνθήκες για την Π/Γ – Α/Γ UAVs και την εναπόθεση υλικών στο πλοίο.



Εικόνα: Dry Bulk Carrier. Οι καθαρές και επίπεδες επιφάνειες του καταστρώματος, προσφέρουν τη δυνατότητα ασφαλούς προσέγγισης CUAVs (Πηγή: www.bairdmaritime.com 12/10/2020)

Η συγκεκριμένη κατηγορία (Dry-Bulk) αποτελεί και τη δημοφιλέστερη κατηγορία πλοίων στην παγκόσμια μεταφορά αγαθών (σε ποσοστό συμμετοχής 71%), όπως μαρτυρούν και οι αναφορές της UNCTAD για την ποσοστιαία κατανομή των μεταφορών στις διάφορες κατηγορίες πλοίων.

Designation	Year	Goods loaded				Goods unloaded			
		Total	Crude oil	Other tanker trade ^a	Dry cargo	Total	Crude oil	Other tanker trade ^a	Dry cargo
Percentage share									
World	2018	100.0	17.1	12.0	71.0	100.0	18.6	12.2	69.3
	2019	100.0	16.8	11.8	71.4	100.0	18.3	12.0	69.7
Developed economies	2018	35.1	11.0	38.5	40.3	34.9	45.5	37.0	31.7
	2019	35.5	13.1	38.7	40.3	34.1	44.9	35.5	31.0
Transition economies	2018	6.5	10.8	2.8	6.0	0.9	0.0	0.4	1.2
	2019	6.5	10.4	3.1	6.1	0.9	0.0	0.4	1.2
Developing economies	2018	58.5	78.2	58.7	53.7	64.2	54.5	62.7	67.1
	2019	58.0	76.5	58.1	53.6	65.0	55.0	64.0	67.8
Africa	2018	6.9	15.8	5.3	5.1	4.6	1.9	7.5	4.8
	2019	6.9	15.8	5.3	5.0	4.6	1.9	7.5	4.7
America	2018	12.6	10.7	6.7	14.0	5.8	2.3	11.1	5.8
	2019	12.5	11.0	6.3	13.9	5.6	2.4	10.4	5.6
Asia	2018	38.8	51.6	46.1	34.6	53.7	50.3	43.7	56.4
	2019	38.5	49.7	45.9	34.6	54.7	50.7	45.7	57.3
Oceania	2018	0.1	0.1	0.6	0.1	0.1	0.0	0.4	0.1
	2019	0.1	0.1	0.6	0.1	0.1	0.0	0.4	0.1

Εικόνα: Κατανομή της μεταφοράς των αγαθών ανά κατηγορία πλοίου (Πηγή UNCTAD Report 2020)

Ως δεύτερη πιθανή κατηγορία προς χρήση, μπορούμε να θεωρήσουμε τα Oil tankers, τα οποία επίσης διαθέτουν κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο Π/Γ – Α/Γ ιπτάμενων μέσων στο κατάστρωμά τους, αλλά απαιτούν μεγαλύτερη προσοχή, λόγω του περιορισμένου χώρου και της επικινδυνότητας του φορτίου τους.

4.4 Συγκριτική αξιολόγηση των διαθέσιμων μεταφορικών μέσων, με τη μέθοδο “MCDA”

Η επιλογή ενός μέσου για την εκτέλεση ενός συγκεκριμένου τύπου μεταφοράς, είναι μία απόφαση που απαιτεί την αξιολόγηση των επιδόσεών του, με βάση ένα σύνολο κριτηρίων. Καθένα από αυτά τα κριτήρια, έχει διαφορετική σημασία (βαρύτητα) για κάθε τύπο μεταφοράς και τις αντίστοιχες ανάγκες που θα κληθεί να εξυπηρετήσει το σύστημα. Για παράδειγμα, για τη μεταφορά ενός βαρέως εξαρτήματος στο πλοίο, το κριτήριο του μέγιστου ωφέλιμου φορτίου παίζει σημαντικό ρόλο, αλλά για την επείγουσα μεταφορά π.χ. ενός απινιδωτή ή μίας μονάδας αίματος στο πλοίο, μεγαλύτερη σημασία έχει η ταχύτητα του UAV.

Ένας αποτελεσματικός τρόπος προσέγγισης μιας τέτοιας μελέτης (πολλές συνθήκες – πολλαπλά κριτήρια επιλογής, με διαφορετική βαρύτητα ανά συνθήκη), είναι η χρήση του εργαλείου της «Λήψη Αποφάσεων με την Αξιολόγηση Πολλαπλών Κριτηρίων» ή “MCDA” (Multi-Criteria Decision Analysis) Tool. Η γενικότερη φιλοσοφία της χρήσης του, έγκειται στην ποσοτικοποίηση των διαφόρων παραμέτρων, τον ορισμό κριτηρίων και συντελεστών βαρύτητας, και την ιεράρχηση των υποψήφιων μέσων, με βάση την τελική συνολική βαθμολογία.

Υφίστανται διάφορες προσεγγίσεις για τη χρήση του εργαλείου “MCDA”, όπως για παράδειγμα:

- ο «Προγραμματισμός Στόχων» (προκαθορισμός συγκεκριμένων στόχων και μέτρηση του βαθμού απόκλισης για κάθε έναν από αυτούς),
- η μέθοδος “AHP” (Analytic Hierarchy Process), στην οποία το πρόβλημα χωρίζεται σε επιμέρους μικρότερα υποπροβλήματα, τα οποία ιεραρχούνται ως προς τη βαρύτητά τους, στο γενικό σύνολο.
- η μέθοδος “MAUT” (Multi-Attribute Utility Theory), η οποία θα αποτελέσει και το εργαλείο της μελέτης μας. Σύμφωνα με αυτήν, κάθε υποψήφιο μέσο θα αξιολογηθεί σε κάθε ένα από τα κριτήρια που θα οριστούν, για κάθε μία από τις πιθανές περιπτώσεις μεταφοράς.

Η αξιολόγηση των μέσων, θα πραγματοποιηθεί ακολουθώντας τα εξής στάδια:

α) Θα οριστούν 5 διαφορετικές περιπτώσεις μεταφοράς ειδών από/προς το πλοίο, στις οποίες θα αξιολογηθούν τα υποψήφια μέσα.

β) Έπειτα, θα προσδιοριστούν τα κριτήρια αξιολόγησης (πχ κόστος – χρόνος μεταφοράς κλπ) και καθένα από αυτά θα λάβει τον αντίστοιχο συντελεστή βαρύτητας, για κάθε μία από τις περιπτώσεις της παραγράφου α), μαζί με την αντίστοιχη αιτιολόγηση.

γ) Σε κάθε περίπτωση μεταφοράς, τα μέσα θα βαθμολογηθούν για κάθε ένα από τα κριτήρια αξιολόγησης. Το μέσο που θα παρουσιάζει την καλύτερη επίδοση για το συγκεκριμένο κριτήριο, θα λαμβάνει τη μέγιστη βαθμολογία (10). Οι

επιδόσεις των υπόλοιπων μέσων, θα συγκρίνονται ποσοστιαία με αυτήν και θα λαμβάνουν την αντίστοιχη βαθμολογία.

$$\text{Βαθμολογία μέσου} = (\text{επίδοση μέσου} / \text{βέλτιστη επίδοση}) * 10$$

Η βαθμολογία για κάθε κριτήριο, θα πολλαπλασιάζεται με τον αντίστοιχο συντελεστή βαρύτητας.

δ) Τέλος, η συγκεντρωτική βαθμολογία κάθε μέσου για κάθε περίπτωση μεταφοράς, θα προκύψει από το άθροισμα των επιμέρους πόντων που κατάφερε να συγκεντρώσει. Με αυτό τον τρόπο, συγκρίνοντας την τελική βαθμολογία κάθε μέσου σε κάθε περίπτωση μεταφοράς, θα μπορέσουμε να τα ιεραρχήσουμε ως προς την καταλληλότητά χρήσης τους.

4.4.1 Υποψήφια μέσα αξιολόγησης

Τα μέσα τα οποία θα αξιολογηθούν, θα είναι πρακτικά τα συμβατικά μέσα που εκτελούν μέχρι σήμερα τις μεταφορές των ειδών στα πλοία και οι διαφορετικές κατηγορίες CUAVs, ανάλογα με το ωφέλιμο φορτίο τους. Αυτά παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στην ακόλουθη λίστα, μαζί με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά τους:

Πίνακας 8: Υποψήφιες κατηγορίες μέσων και τεχνικά χαρακτηριστικά

Μεταφορικό μέσο	Ταχύτητα (Με φορτίο)	Ωφέλιμο Φορτίο
Ultra-light weight CUAV (Class 1-2 “OPEN”)	110 km/h	< 4 Kgs
Light-weight CUAV (Class 3-4 “OPEN”)	90 km/h	4 έως 25 Kgs
Medium-weight CUAV (Class 5-6 “SPECIFIC-CERTIFIED”)	90 km/h	25 έως 80 Kgs
Heavy-weight CUAV (Class 6 “CERTIFIED”)	80 km/h	80 έως 250 Kgs
Small Boat (Λάντζα 15 m)	26 Km/h	Έως 1000 Kgs
Ελικόπτερο (AS355N)	200 km/h	Έως 800 Kgs
Ταχύπλοο Ακτοφυλακής	80 km/h	Έως 700 Kgs

Για κάθε κατηγορία μέσου, χρησιμοποιήθηκαν ενδεικτικά συστήματα αναφοράς, προκειμένου να μελετηθούν τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά και οι αντίστοιχες υπηρεσίες που προσφέρουν:

Πίνακας 9: Συστήματα αναφοράς ανά κατηγορία μεταφορικού μέσου

Μεταφορικό μέσο	Σύστημα Αναφοράς
Ultra-light weight CUAV (Class 1-2 “OPEN”)	Prime Air Drone - Amazon
Light-weight CUAV (Class 3-4 “OPEN”)	Wingcopter - UPS
Medium-weight CUAV (Class 5-6 “SPECIFIC”)	GRIFF Model 135 – Griff Drones
Heavy-weight CUAV (Class 6 “Certified”)	Volodrone - VOLOCOPTER
Small Boat (Λάντζα 15 m)	Χαλύβδινη Λέμβος (15μ) Ελληνικής εταιρείας παροχής λεμβουχικών εργασιών
Ελικόπτερο	AS355 – Eurocopter (Type 3 – Light)
Ταχύπλοο Ακτοφυλακής	MotoMarine “Panther 57”

4.4.2 Αξιολογούμενες συνθήκες μεταφοράς

Οι εξεταζόμενες περιπτώσεις μεταφοράς ειδών από/ προς το πλοίο θα είναι οι ακόλουθες:

- (ΠΕΡ 1) Επείγουσα παράδοση μικρού φορτίου (<4 Kg)
- (ΠΕΡ 2) Παράδοση φαρμάκων, ιατρικού εξοπλισμού
- (ΠΕΡ3) Ανταλλαγή διοικητικών & εμπορικών εγγράφων
- (ΠΕΡ 4) Παράδοση κρίσιμων ανταλλακτικών και εξοπλισμού
- (ΠΕΡ 5) Διάσωση πληρώματος (μεταφορά σωστικού εξοπλισμού)

Τα μέσα που θα λάβουν μέρος στην αξιολόγηση για κάθε περίπτωση μεταφοράς, δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 10: Υποψήφια μέσα ανά περίπτωση μεταφοράς

	ΠΕΡ 1	ΠΕΡ 2	ΠΕΡ 3	ΠΕΡ 4	ΠΕΡ 5
Ultra-light	V	V	V		
Light		V			V
Medium				V	V
Heavy				V	V
Λάντζα	V	V	V	V	
Ελικόπτερο	V	V	V	V	V
Ακτοφυλακή					V

4.4.3 Κριτήρια αξιολόγησης

Τα αντίστοιχα κριτήρια στα οποία θα αξιολογηθούν τα υποψήφια μέσα, θα είναι τα ακόλουθα:

- Το συνολικό κόστος μεταφοράς (για τον πελάτη)
- Ο χρόνος μεταφοράς
- Η διαθεσιμότητα του μέσου στον χρόνο (24ωρο + καιρικές συνθήκες)
- Το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο του μέσου

Η εμβέλεια και η αυτονομία του μέσου θα μπορούσαν να αποτελέσουν ακόμη ένα κριτήριο αξιολόγησης των συστημάτων. Παρόλα αυτά, δεν θα ληφθούν υπόψη στην παρούσα αξιολόγηση, καθώς το ελικόπτερο διαθέτει εξ ορισμού την μεγαλύτερη εμβέλεια από το σύνολο των συστημάτων. Τα συστήματα UAVs από τη μεριά τους, μπορούν να καλύψουν (μέχρι στιγμής) μια μέση συνολική εμβέλεια της τάξης των 40-50 χιλιομέτρων (μονής διαδρομής, χωρίς επιστροφή στη βάση). Λόγω του αντικειμένου της μελέτης, η αξιολόγηση των μέσων θα αφορά αποστολές εντός της μέσης εμβέλειας των UAVs.

Όπως είναι φυσικό, κάθε κριτήριο θα έχει διαφορετική σημασία σε κάθε μία από τις εξεταζόμενες περιπτώσεις, συνεπώς θα πρέπει να οριστεί ο κατάλληλος συντελεστής βαρύτητας ανά κριτήριο. Οι τιμές των συντελεστών, θα κυμανθούν σε ένα εύρος ακέραιων αριθμών από 0 (min) έως 4 (max), σύμφωνα με τη σπουδαιότητα κάθε κριτηρίου. Σε περίπτωση που δύο ή περισσότερα κριτήρια είναι εξίσου σημαντικά για την περίπτωση της μεταφοράς, τότε μπορούν να έχουν την ίδια βαρύτητα. Η αιτιολόγηση των συντελεστών δίνεται σε ακόλουθη ενότητα (5.1), όπου γίνεται και η ανάλυση των περιπτώσεων.

4.4.3.1 Αξιολόγηση του κόστους μεταφοράς

α) Για τα συμβατικά μεταφορικά μέσα (ελικόπτερο & λάντζα), το κόστος μεταφοράς υπολογίστηκε με βάση τις πληροφορίες που ελήφθησαν από πλήθος Ελληνικών εταιρειών, οι οποίες δραστηριοποιούνται στους αντίστοιχους τομείς. Οι εν λόγω εταιρείες εδρεύουν και δραστηριοποιούνται στην περιφέρεια της Αττικής και προθυμοποιήθηκαν να μας ενημερώσουν για το κόστος των υπηρεσιών τους.

Ελικόπτερο: Η μέση ωριαία χρέωση ενός μεταφορικού ελικοπτερου, κυμαίνεται στις 3.800 ευρώ για τον πελάτη (αποστολή “cargo”). Λαμβάνοντας υπόψη την μέση ταχύτητα πλεύσης του ελικοπτερου (200 km/h), μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το μοναδιαίο κόστος πτήσης, ανέρχεται στα **19€/ km** πτήσης.

Λάντζα: Το κόστος μεταφοράς ειδών με μία λέμβο 15 μέτρων (λάντζα) κοστίζει περί τα 200€ για τη μεταφορά 500 κιλών, σε αποστάσεις περίπου 10 km από το λιμάνι. Συνεπώς, το κόστος μονάδας για τον πελάτη ανέρχεται στα **10€/km** πλεύσης.

β) Για τα μικρά συστήματα CUAVs (Ultra-light), το αντίστοιχο κόστος υπολογίστηκε με βάση τα εμπορικά στοιχεία κόστους διαφόρων εταιρειών του χώρου. Το σύστημα “Prime Air” της Amazon, το οποίο μεταφέρει φορτίο μέχρι 2,2 κιλά σε απόσταση 27 Km, παρέχει υπηρεσίες με κόστος μόλις 1 δολάριο ανά διαδρομή. Το κόστος ανά χιλιόμετρο είναι της τάξης των 0,05€/ km. Λαμβάνοντας υπόψη την προοπτική του ανταγωνισμού από άλλες εταιρείες του χώρου, εκτιμάται ότι η εν λόγω τιμή θα παραμείνει μικρότερη του **0,1€/ km** για τα συστήματα αυτού του μεγέθους.

γ) Για τα CUAVs των ενδιάμεσων και βαρέων φορτίων (Light/ Medium/ Heavy-weight), δεν υφίσταται ακόμη ικανοποιητικός αριθμός σχετικών διαθέσιμων υπηρεσιών στην αγορά. Ως εκ τούτου, ήταν εξαιρετικά δύσκολο να προσδιοριστούν συγκεκριμένες τιμές αναφοράς, καθώς οι παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση της τελικής τιμής, δεν ήταν δυνατόν να συνεκτιμηθούν και να εξαχθεί ένα ασφαλές συμπέρασμα, στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

Για τον λόγο αυτό, η έρευνα θα επιδιώξει να υποδείξει τα προσδοκώμενα κόστη για αυτές τις κατηγορίες των CUAVs, προκειμένου να παραμείνουν ανταγωνιστικά απέναντι στα υπόλοιπα συστήματα, τουλάχιστον για εκείνες τις περιπτώσεις όπου το κόστος θα αποτελέσει έναν σημαντικό παράγοντα επιλογής.

Για τη βαθμολόγηση του κόστους, θα οριστούν συγκεκριμένες κλίμακες, από τα οικονομικότερα μέχρι τα ακριβότερα διαθέσιμα συστήματα (€/ Km):

Πίνακας 11: Κλίμακες κόστους και σχετική βαθμολογία

Κλίμακα	Εύρος κόστους/ Km	Βαθμολογία
1	Από 0€ έως 1€	10
2	Από 1€ έως 5€	8
3	Από 5€ έως 10€	7
4	Από 10€ έως 15€	6
5	Από 15€ έως 20€	5

Πίνακας 12: Κατηγοριοποίηση των συστημάτων στις ανωτέρω κλίμακες κόστους

Μεταφορικό μέσο	Κόστος ανά χιλιόμετρο	Βαθμολογία κόστους
Ultra-light weight CUAV (Class 1-2 “OPEN”)	Κάτω από 0,1€	10
Light-weight CUAV (Class 3-4 “OPEN”)	Άγνωστο	-
Medium-weight CUAV (Class 5-6 “SPECIFIC”)	Άγνωστο	-
Heavy-weight CUAV (Class 6 “Certified”)	Άγνωστο	-
Small Boat (Λάντζα 15 m)	10€	7
Ελικόπτερο	19€	5

(Πηγές: www.amazon.com, www.merkan.gr, www.abi.gr, www.aegeanseaquest.gr, www.bellavia.gr, www.machitis.com)

4.4.3.2 Αξιολόγηση του χρόνου μεταφοράς

Ο απαιτούμενος χρόνος για την εκτέλεση της μεταφοράς από το σύστημα, εξαρτάται από τον συνδυασμό των εξής σημαντικών παραμέτρων:

- α) την **ταχύτητα** του οχήματος (με και χωρίς φορτίο)
- β) τον **χρόνο απόκρισης** του οχήματος, δηλαδή τον χρόνο που απαιτείται για την προετοιμασία του συστήματος, από την εκδήλωση του αιτήματος μεταφοράς, μέχρι το όχημα να αναχωρήσει από το σημείο φόρτωσης προς τον παραλήπτη. Τα συστήματα CUAV μπορούν να απογειωθούν άμεσα, χωρίς την απαίτηση σχετικής προετοιμασίας (φυσικά υπό την προϋπόθεση ότι οι μπαταρίες τους είναι πλήρως φορτισμένες). Αντιθέτως, για μέσα όπως το ελικόπτερο ή τη λέμβο μεταφοράς, απαιτείται κατάλληλη προετοιμασία. Το ελικόπτερο χρειάζεται περίπου 40-60 λεπτά προετοιμασίας πριν την απογείωση (για εμπορική πτήση), ενώ η λέμβος, πέραν από την προετοιμασία, απαιτεί και την φόρτωση του φορτίου στο σκάφος.

- γ) Τη **συμφόρηση** του δικτύου που χρησιμοποιεί. Για το κομμάτι των εναέριων μεταφορών, το ζήτημα της συμφόρησης δεν αποτελεί παράγοντα επιρροής. Φυσικά, η εκτεταμένη χρήση UAVs μπορεί να θίξει το εν λόγω ζήτημα στο μέλλον. Για τα πλωτά μέσα όμως, η κίνηση των υπόλοιπων πλοίων στο χώρο του λιμανιού ενδέχεται να προκαλέσει μικρές καθυστερήσεις στην κίνησή τους.

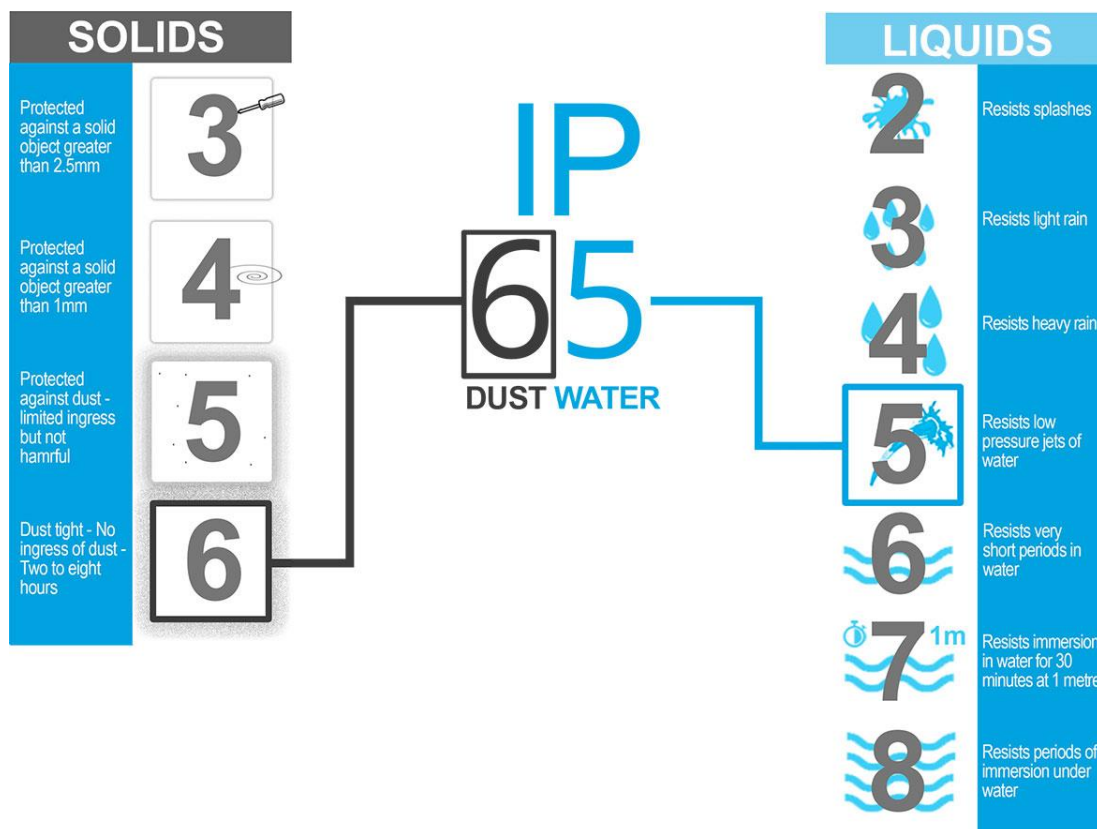
4.4.3.3 Αξιολόγηση της διαθεσιμότητας του μέσου

Για συγκεκριμένες κατηγορίες μεταφορών, όπως για παράδειγμα την έρευνα-διάσωση ή τις επείγουσες παραδόσεις, η δυνατότητα του συστήματος να επιχειρεί καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας ή υπό άσχημες καιρικές συνθήκες, παίζει εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στην εκπλήρωση της αποστολής του.

Η νυχτερινή πτήση είναι δυνατή για τα ιπτάμενα μέσα της έρευνας (ελικόπτερο + CUAV), εγείρει όμως μία σειρά προϋποθέσεων αναφορικά με τον απαιτούμενο εξοπλισμό ασφαλείας που θα πρέπει να φέρει το σύστημα (φωτισμός και όργανα νυχτερινής ναυτιλίας), αλλά και με την εκπαίδευση του χειριστή, με βάση της προβλέψεις της ΥΠΙΑ και της αντίστοιχης ισχύουσας νομοθεσίας που διέπει την χρήση UAVs.

Όσον αφορά την κακοκαιρία, αυτή δημιουργεί προβλήματα σε όλα τα μεταφορικά μέσα, πλωτά και ιπτάμενα. Στο κομμάτι της έρευνας, η κακοκαιρία μελετήθηκε ως προς τρεις παράγοντες:

α) Βροχή: Η βροχή δεν επηρεάζει τα πλωτά μέσα, ούτε το ελικόπτερο. Αντιθέτως, επηρεάζει τα μη επανδρωμένα συστήματα. Η ανθεκτικότητα των UAVs στη βροχή (στο νερό γενικότερα) εκφράζεται από τον δείκτη “IP” (Ingression Protection Code). Ο εν λόγω δείκτης συμμορφώνεται με το διεθνές πρότυπο “IEC 60529”, το οποίο κατηγοριοποιεί τον βαθμό προστασίας των ηλεκτρικών και μηχανικών τμημάτων ενός συστήματος, απέναντι στη σκόνη και την επαφή με το νερό. Το πρώτο ψηφίο εκφράζει την αντοχή στη σκόνη και το δεύτερο την αντοχή στην επαφή του συστήματος με το νερό.



Εικόνα: Επεξήγηση του δείκτη IP (Πηγή: www.onedirect.co.uk 23/01/2021)

Τα Ultra-light/ Light-weight UAVs, κατά κανόνα δεν διαθέτουν επαρκή προστασία από το νερό και η χρήση τους στην κακοκαιρία δεν συνίσταται.

β) Αέρας: Ο αέρας είναι εξίσου σημαντικός παράγοντας, ιδιαίτερα για τα ιπτάμενα μέσα. Τα ελαφριά ελικόπτερα, όπως το Eurocopter “AS355N” που χρησιμοποιήθηκε ως μέσο αναφοράς για την εργασία, μπορούν να πετάξουν με ασφάλεια με ανέμους ταχύτητας μέχρι 30 κόμβων (56 km/h) σε ύψη κάτω των 500 ποδιών και 50 κόμβων (75 Km/h) στα υπόλοιπα ύψη πάνω των 500 ποδιών (<https://www.nifc.gov/PUBLICATIONS/ihog/chapters/2009chapter06.pdf> 10/01/2021). Για τα συστήματα UAV, το κυριότερο πρόβλημα είναι η εξασθένιση της ισχύος των κινητήρων τους, ιδιαίτερα όταν οι διευθύνσεις των ανέμων είναι πλευρικές ή αντίθετες, σε σχέση με την κίνηση του UAV. Ο γενικός κανόνας είναι ότι τα εν λόγω συστήματα μπορούν να αποδώσουν σε περιβάλλον με σταθερούς ανέμους, που δεν ξεπερνούν τα 2/3 της ταχύτητας πλεύσης τους (Bo Hang Wang et al, 2019). Για τις λέμβους, ένα τυπικό όριο ασφαλούς πλεύσης είναι τα 4 beaufort (20 km/h), ενώ για τα σκάφη της ακτοφυλακής, είναι υπερδιπλάσιο (75 km/h)

γ) **Ομίχλη:** Η ομίχλη είναι αποτρεπτικός παράγοντας για όλα τα μέσα και η παρουσία της, ειδικά στα χαμηλά ύψη είναι απαγορευτική για τα ιπτάμενα μέσα. Όσον αφορά τα πλωτά μέσα, προκαλεί περιορισμούς στις επιτρεπόμενες ταχύτητες πλεύσης τους.

4.4.3.4 Αξιολόγηση του ωφέλιμου φορτίου

Το ωφέλιμο φορτίο παίζει καθοριστικό ρόλο σε ένα μεταφορικό σύστημα, καθώς είναι το πρωτεύον χαρακτηριστικό που κρίνει εάν το σύστημα είναι σε θέση να εκτελέσει την υπόψη μεταφορά. Επιπλέον, το μεγαλύτερο ωφέλιμο φορτίο μπορεί να επιτρέψει την ταυτόχρονη μεταφορά πολλαπλών πακέτων, γεγονός που συνεπάγεται μικρότερο κόστος ανά μεταφορά. Συστήματα όπως το ελικόπτερο ή οι βάρκες μεταφοράς μικρού μεγέθους (λάντζες), προσφέρουν μεγαλύτερο ωφέλιμο φορτίο από ένα CUAV και, όπως ήδη αναφέραμε, θα αποτελούν τα μοναδικά υποψήφια μέσα για τα φορτία που υπερβαίνουν τα 250 κιλά βάρους. Στο πλαίσιο της παρούσας συγκριτικής αξιολόγησης, όλα τα συστήματα με ωφέλιμο φορτίο άνω των 250 κιλών, θα λαμβάνουν τη μέγιστη βαθμολογία για το συγκεκριμένο κριτήριο (10).

5. Ανάλυση

5.1 Σχολιασμός/ Ανάλυση των περιπτώσεων μεταφοράς

Στην ακόλουθη ενότητα, αναλύονται οι εξεταζόμενες περιπτώσεις μεταφοράς που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα, με έμφαση στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, τα οποία διαμορφώνουν και τους αντίστοιχους συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο.

Πίνακας 13: Συντελεστών Βαρύτητας των Κριτηρίων

Κριτήριο \ Περιπτωση	ΠΕΡ 1	ΠΕΡ 2	ΠΕΡ 3	ΠΕΡ 4	ΠΕΡ 5
Κόστος μεταφοράς	2	4	4	1	0
Χρόνος μεταφοράς	4	2	1	4	4
Διαθεσιμότητα στον χρόνο	4	2	1	4	4
Μέγιστο ωφέλιμο φορτίο	0	1	0	3	2

(0= αδιάφορο, 1=μικρής σημασίας, 2=μέτριας σημασίας, 3= σημαντικό, 4= πολύ σημαντικό)

5.1.1 Επείγουσες παραδόσεις μικρών φορτίων στα πλοία

Οι δύο λέξεις «κλειδιά» της συγκεκριμένης περίπτωσης, είναι η ανάγκη της «επείγουσας» παράδοσης, σε συνδυασμό με το «μικρό» βάρος του απαιτούμενου φορτίου. Το βασικότερο κριτήριο σε μία τέτοια μεταφορά θα είναι ο απαιτούμενος χρόνος μεταφοράς (4), καθώς επίσης και η διαθεσιμότητα του μέσου στον χρόνο (4). Λόγω του επείγοντος της κατάστασης, ο παράγοντας του κόστους θα έχει μικρότερη σημασία, σε σχέση με τον χρόνο (2). Επίσης, δεδομένου του μικρού βάρους του φορτίου, το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο των μέσων δεν θα επηρεάσει καθόλου την απόφαση επιλογής (0).

Ultra-Light CUAV	Λάντζα	Ελικόπτερο
8,04	6,34	7,92

Επείγουσα μεταφορά μικρού φορτίου							
Συνολική Βαθμολογία		8,04		6,34		7,92	
Βαρύτητα		Ultra-Light CUAV		Λάντζα		Ελικόπτερο	
2	Κόστος Λειτουργίας	10		7		5	
		10	0.06€/ km		10€/ km	0	19€/ km
4	Χρόνος Παράδοσης	8,5		4,76		9	
		5,5	110km/h	1,3	26 km/h	10	200km/h
	ταχύτητα	10		5		7	
		10	άμεσος	8	Φόρτωση/ Προετοιμασία	10	Προετοιμασία
	χρόνος απόκρισης συμφόρηση	10	όχι	8	κίνηση λιμένα	10	όχι
		4	Διαθεσιμότητα	6,6		7,6	
	ημέρα - νύχτα κακοκαιρία	10	με σχετική άδεια	10	ναι	10	με σχετική άδεια
		3,2		5,2		6,6	
	βροχή αέρας ομίχλη	0	όχι	10	ναι	10	ναι
		9,6	όριο 72 km/h	2,6	όριο 20 km/h	10	όριο 75 Km/h
	ομίχλη	0	όχι	3	με περιορισμούς	0	όχι
		0	Max Payload				
			4 kg		1000 kg		800 kg

Όπως ήταν αναμενόμενο, η χρήση μικρών CUAVs ενδείκνυται για τη μεταφορά τέτοιων φορτίων. Παρά τα πλεονεκτήματα του ελικοπτερου στο ζήτημα του χρόνου παράδοσης, η διαφορά του κόστους είναι σημαντική για να καλύψει τη διαφορά απόδοσης που υφίσταται ανάμεσα στο Light-weight CUAV και το ελικόπτερο, στον χρόνο παράδοσης.

5.1.2 Παράδοση φαρμάκων/ Ιατρικού εξοπλισμού

Μία από τις σημαντικότερες κατηγορίες εφοδίων που θα πρέπει να υπάρχουν πάντα σε διαθεσιμότητα σε ένα πλοίο, είναι ο βασικός ιατρικός εξοπλισμός και μία σειρά φαρμάκων, τα οποία μπορούν να καλύψουν την πλειοψηφία των αναγκών του πληρώματος σε φαρμακευτική αγωγή. Όπως είδαμε από τη λίστα των ενδεικτικών προϊόντων, ο ιατρικός εξοπλισμός μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 15-20 κιλά, επομένως απαιτούνται μεταφορικά συστήματα αντίστοιχων δυνατοτήτων.

Η συγκεκριμένη περίπτωση μεταφοράς, θεωρούμε ότι δεν γίνεται με την ίδια αίσθηση του επείγοντος, όπως στην περίπτωση 1, καθώς τα πλοία οφείλουν εξαρχής να είναι εφοδιασμένα με αυτές τις προμήθειες. Αντιθέτως, θεωρούμε ότι η εν λόγω μεταφορά γίνεται με σκοπό να αναπληρώσει τις ποσότητες φαρμάκων που καταναλώθηκαν ή να αντικαταστήσει τον μη λειτουργικό εξοπλισμό του πλοίου.

Κατά συνέπεια, μεγαλύτερη έμφαση θα δοθεί στο απαιτούμενο κόστος της μεταφοράς (4). Ο απαιτούμενος χρόνος και η διαθεσιμότητα του μέσου, θα έχουν μικρότερη σημασία (2), ενώ το ωφέλιμο φορτίο θα έχει τον χαμηλότερο θετικό συντελεστή (1), καθώς όλα τα υπονήφια μέσα εκτός του Ultra-light weight CUAV θα είναι σε θέση να μεταφέρουν το φορτίο.

Ultra-Light CUAV	Light CUAV	Λάντζα	Ελικόπτερο
7,8	7,3 για κόστος <1€/km	6,97	7,17

Παράδοση φαρμάκων/ Ιατρικού εξοπλισμού									
Συνολική Βαθμολογία		7,8		Light CUAV		6,97		7,17	
Βαρύτητα		Ultra-Light CUAV		Light CUAV		Λάντζα		Ελικόπτερο	
4	Κόστος Λειτουργίας	10		Επιθυμητή βαθμολογία = 9 Max cost = 1€/ km		7		5	
		10	0,06€/ km			10€/ km		19€/ km	
2	Χρόνος Παράδοσης	8,5		8,16		4,76		9	
		ταχύτητα	5,5	110km/h	4,5	90 km/h	1,3	26 km/h	10
	χρόνος απόκρισης συμφόρησης	10	άμεσος	10	άμεσος	5	Φόρτωση/ Προετοιμασία	7	Προετοιμασία
		10	όχι	10	όχι	8	κίνηση λιμένα	10	όχι
2	Διαθεσιμότητα	6,6		6,3		7,6		8,3	
		ημέρα - νύχτα	10	με σχετική άδεια	10	με σχετική άδεια	10	ναι	10
	κακοκαιρία	3,2		2,6		5,2		6,6	
		0	όχι	0	όχι	10	ναι	10	ναι
	βροχή	9,6	όριο 72 km/h	8	όριο 60 km/h	2,6	όριο 20 km/h	10	όριο 75 Km/h
		0	όχι	0	όχι	3	με περιορισμούς	0	όχι
1	Max Payload	0,016		1		10		10	
		0,016	4 kg	1	25 kg	10	1000 kg	10	800 kg

Ομοίως με την προηγούμενη περίπτωση, το ζήτημα του κόστους έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην επικράτηση του Ultra-light CUAV, απέναντι στο γρηγορότερο και πιο διαθέσιμο ελικόπτερο. Το Light-weight CUAV, μπορεί επίσης να καταστεί αποδοτικότερο από τα υπόλοιπα μέσα, υπό την προϋπόθεση ότι το κόστος λειτουργίας του θα παραμείνει χαμηλά. Λαμβάνοντας υπόψη το κόστος

λειτουργίας του Ultra-light CUAV, η ανωτέρω συνθήκη είναι πολύ πιθανό να ισχύσει, αφού υπάρχει περιθώριο αύξησης του κόστους κατά 0,9€/ Km.

5.1.3 Ανταλλαγή διοικητικών & εμπορικών εγγράφων

Τα έγγραφα και η αλληλογραφία γενικότερα, χαρακτηρίζονται από μικρό βάρος και όγκο. Η ανταλλαγή τους ανάμεσα στο πλοίο και την ξηρά, έχει να κάνει με τους τυπικούς ελέγχους και τις διαδικασίες προσέλευσης και αποχώρησης των πλοίων από τα λιμάνια. Το σημαντικότερο κριτήριο επιλογής λοιπόν, θα αφορά το κόστος της μεταφοράς (4). Οι υπόλοιποι παράγοντες θα έχουν πολύ μικρή σημασία για τη συγκεκριμένη περίπτωση. Δεδομένου ότι η εν λόγω μεταφορά απαιτείται συνήθως σε περιπτώσεις όπου το πλοίο έχει προσεγγίσει το λιμάνι υποδοχής, ο χρόνος μεταφοράς και η διαθεσιμότητα θα είναι σχετικά ασήμαντα μεγέθη (1), ενώ το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο δεν πρόκειται να επηρεάσει καθόλου την απόφαση επιλογής (0).

Ultra-Light CUAV	Λάντζα	Ελικόπτερο
9.18	6.71	6.21

Ανταλλαγή διοικητικών εγγράφων

Συνολική Βαθμολογία		9,18		6,71		6,21	
Βαρύτητα		Ultra-Light CUAV		Λάντζα		Ελικόπτερο	
4	Κόστος Λειτουργίας	10		7		5	
		10	0,06€/ km	7	10€/ km	5	19€/ km
1	Χρόνος Παράδοσης	8,5		4,7		9	
	ταχύτητα	5,5	110km/h	1,3	26 km/h	10	200km/h
	χρόνος απόκρισης συμφόρηση	10	άμεσος	5	Φόρτωση/ Προετοιμασία	7	Προετοιμασία
		10	όχι	8	κίνηση λιμένα	10	όχι
1	Διαθεσιμότητα	6,6		7,6		8,3	
	ημέρα - νύχτα	10	με σχετική άδεια	10	ναι	10	με σχετική άδεια
	κακοκαιρία	3,2		5,2		6,6	
	βροχή	0	όχι	10	ναι	10	ναι
	αέρας	9,6	όριο 72 km/h	2,6	όριο 20 km/h	10	όριο 75 Km/h
	ομίχλη	0	όχι	3	με περιορισμούς	0	όχι
0	Max Payload						
			4 kg		1000 kg		800 kg

Η βαρύτητα του κόστους μεταφοράς υποδηλώνει, όπως μαρτυρούν και τα στοιχεία του πίνακα, ότι η χρήση του Ultra-light weight CUAV αποτελεί με διαφορά τη βέλτιστη επιλογή, ανάμεσα στα υπόλοιπα μέσα.

5.1.4 Παράδοση κρίσιμων ανταλλακτικών και εξοπλισμού

Στις περισσότερες περιπτώσεις, λόγω του μεγέθους και των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών του πλοίου, η απαίτηση κρίσιμων ανταλλακτικών συνεπάγεται την μεταφορά μεγάλων και βαρέων εξαρτημάτων, τα οποία θα πρέπει να φτάσουν σε σχετικά μικρό χρόνο στο πλοίο, προκειμένου να αποκατασταθεί έγκαιρα η λειτουργική του κατάσταση. Ως εκ τούτου, τα σημαντικότερα κριτήρια επιλογής θα έχουν να κάνουν με τον χρόνο παράδοσης (4), τη διαθεσιμότητα του μέσου (4) και το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο (3). Ο λόγος που το ωφέλιμο φορτίο λαμβάνει μικρότερη βαρύτητα από τα κριτήρια του χρόνου, είναι διότι το μεγάλο βάρος του απαιτούμενου φορτίου δεν θα ισχύει απόλυτα σε κάθε περίπτωση.

Το κόστος μεταφοράς θα μπορούσε επίσης να αποτελεί βασικό κριτήριο, θα πρέπει όμως να λάβουμε υπόψη ότι ο χρόνος που το πλοίο παραμένει μη επιχειρησιακό λόγω βλάβης, συνεπάγεται αντίστοιχα μεγάλο κόστος χαμένου έργου για την Ναυτιλιακή εταιρεία που το διαχειρίζεται. Συνεπώς, το κόστος μεταφοράς θα θεωρηθεί μικρής σημασίας σε σχέση με τα υπόλοιπα κριτήρια (1).

Τέλος, δεδομένων των περιορισμών του μέγιστου ωφέλιμου φορτίου των σημερινών Heavy-Lift CUAVs, φορτία με βάρος μεγαλύτερο των 250 κιλών δεν μπορούν να μεταφερθούν από αυτά και θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά μέσα.

Medium CUAV	Heavy CUAV	Λάντζα	Ελικόπτερο
< 7	8,18 – 8,6	7.18	8.68

Παράδοση κρίσιμου εξοπλισμού									
Συνολική Βαθμολογία		< 7		8,18 < x < 8,6		7,18		8,68	
Βαρύτητα		Medium CUAV		Heavy CUAV		Λάντζα		Ελικόπτερο	
1	Κόστος Λειτουργίας	Impossible		# 2 best		7		5	
						7	10€/ km	5	19€/ km
4	Χρόνος Παράδοσης	8,1		8		4,7		9	
	ταχύτητα	4,5	90 km/h	4	80 km/h	1,3	26 km/h	10	200km/h
	χρόνος απόκρισης συμφόρηση	10	άμεσος	10	άμεσος	5	Φόρτωση/ Προετοιμασία	7	Προετοιμασία
		10	όχι	10	όχι	8	κίνηση λημένα	10	όχι
4	Διαθεσιμότητα	8		7,8		7,6		8,3	
	ημέρα - νύχτα κακοκαιρία	10	ναι	10	ναι	10	ναι	10	με σχετική άδεια
		6		5,6		5,2		6,6	
	βροχή αέρας ομίχλη	10	JP X3 - X4	10	JP X3 - X4	10	ναι	10	ναι
		8	όριο 60 Km/h	7	όριο 53 km/h	2,6	όριο 20 km/h	10	όριο 75 km/h
		0	όχι	0	όχι	3	με περιορισμούς	0	όχι
3	Max Payload	3,2		10		10		10	
		3,2	80 kg	10	250 kg	10	1000 kg	10	800 kg

Ο συνδυασμός ταχύτητας και ωφέλιμου φορτίου καθιστά το ελικόπτερο το ιδανικότερο μέσο εκτέλεσης της αποστολής, αφού όπως διαπιστώνεται και από τα στοιχεία του πίνακα, υπερέρχει σε όλα τα πεδία πλην του κόστους. Τα σημαντικά στοιχεία που πρέπει να παρατηρήσουμε σχετικά με τα CUAVs είναι τα ακόλουθα:

α) Για το Medium-weight CUAV, ακόμη και το χαμηλότερο δυνατό κόστος δεν είναι ικανό να το καταστήσει ως ικανοποιητικότερο μέσο εκτέλεσης των εν λόγω αποστολών, αφού οι μέγιστες δυνατές τιμές είναι κάτω από τη συνολική βαθμολογία της λάντζας.

β) Αντιθέτως, για το Heavy-weight CUAV, οποιαδήποτε τιμή το καθιστά ως το δεύτερο καταλληλότερο στη λίστα, ακόμη και αν οι παρεχόμενες υπηρεσίες προσεγγίσουν σε κόστος εκείνες του ελικοπτερου.

5.1.5 Διάσωση πληρώματος (Μεταφορά σωστικών μέσων ή προσώπων)

Εξ ορισμού, λόγω της κρισιμότητας της κατάστασης, τα βασικότερα κριτήρια θα είναι ο χρόνος (4) και η διαθεσιμότητα του μέσου (4). Το ωφέλιμο φορτίο θα είναι μέτριας σημασίας (2), καθώς τα περισσότερα είδη προς μεταφορά κυμαίνονται ανάμεσα στα 20 και τα 80 κιλά, το οποίο σημαίνει ότι μπορούν να μεταφερθούν από Light & Medium-weight lift CUAVs. Η σημασία του κόστους θα μηδενιστεί, λόγω της προτεραιότητας σωτηρίας των ανθρώπινων ζώων (0).

Η συγκεκριμένη αποστολή μπορεί να εξεταστεί από δύο διαφορετικές οπτικές γωνίες. Μέχρι στιγμής, η μεταφορά ανθρώπων με UAVs δεν επιτρέπεται από τους διεθνείς κανονισμούς, συνεπώς η διάσωση μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο με ελικόπτερα ή μέσα της ακτοφυλακής. Παρόλα αυτά, τα CUAVs έρευνας και διάσωσης, θα μπορούσαν να παράσχουν μία προσωρινή βοήθεια στα άτομα που βρίσκονται υπό κίνδυνο, παραδίδοντας σωστικό εξοπλισμό (σωσίβια – σωσίβιες λέμβους) για να μειώσουν το ρίσκο της απώλειας ανθρώπινων ζώων και να κερδίσουν πολύτιμο χρόνο μέχρι την τελική περισυλλογή τους από τα συμβατικά διασωστικά μέσα.

Στην ίδια φιλοσοφία και με απώτερο σκοπό την μέγιστη αξιοποίηση των δυνατοτήτων τους, τα CUAVs θα μπορούσαν να εκμεταλλευτούν τη μέγιστη εμβέλεια δράσης τους, πραγματοποιώντας μόνο μία διαδρομή (χωρίς επιστροφή στη βάση) για την παράδοση του εξοπλισμού και στη συνέχεια να παραμείνουν στην επιφάνεια της θάλασσας ώστε να περισυλλεχθούν στη συνέχεια από πλωτά μέσα. Φυσικά ένα τέτοιο εγχείρημα απαιτεί και την κατάλληλη διαμόρφωση του συστήματος CUAV, ώστε να μπορεί να επιπλεύσει και να προστατεύσει τα ηλεκτρονικά του συστήματα από το νερό.

Light CUAV	Medium CUAV	Heavy CUAV	Ελικόπτερο	Ακτοφυλακή
5,96	7,08	8,32	8,92	8,44

Διάσωση πληρώματος											
Συνολική Βαθμολογία		5,96		7,08		8,32		8,92		8,44	
Βαρύτητα		Light CUAV		Medium CUAV		Heavy CUAV		Ελικόπτερο		Coast - guard	
0	Κόστος Λειτουργίας										
4	Χρόνος Παράδοσης	8,1		8,1		8		9		7,3	
	ταχύτητα	4,5	90 km/h	4,5	90 km/h	4	80 km/h	10	200km/h	4	81km/h
	χρόνος απόκρισης	10	άμεσος	10	άμεσος	10	άμεσος	7	Προετοιμασία	9	προετοιμασία
	συμφόρηση	10	όχι	10	όχι	10	όχι	10	όχι	9	λίμνι
4	Διαθεσιμότητα	6,3		8		7,8		8,3		8,8	
	ημέρα - νύχτα	10	με σχετική άδεια	10	ναι	10	ναι	10	με σχετική άδεια	10	ναι
	κακοκαιρία	2,6		6		5,6		6,6		7,6	
	βροχή	0	όχι	10	IP X3 - X4	10	IP X3 - X4	10	ναι	10	ναι
	αέρας	8	όριο 60 km/h	8	όριο 60 Km/h	7	όριο 53 km/h	10	όριο 75 km/h	10	όριο 75 km/h
	ομίχλη	0	όχι	0	όχι	0	όχι	0	όχι	3	με περιορισμούς
2	Max Payload	1		3,2		10		10		10	
		1	25 kg	3,2	80 kg	10	250 kg	10	800 kg	10	700 kg

Δεδομένου ότι το κόστος δεν θα επηρεάσει καθόλου την απόφαση επιλογής, παρατηρούμε ότι το ελικόπτερο και τα σκάφη της ακτοφυλακής παραμένουν τα ιδανικότερα μέσα για την εκτέλεση της αποστολής έρευνας διάσωσης, κυρίως λόγω της ταχύτητας και της διαθεσιμότητάς τους. Παρόλα αυτά, οι διαφορές μεταξύ ελικοπτερου – Heavy-weight CUAV και Ακτοφυλακής είναι τόσο μικρές, ώστε μία ελάχιστη αύξηση στη βαρύτητα του κόστους της αποστολής ενδέχεται να φέρει το CUAV σε πλεονεκτικότερη θέση, δεδομένου ότι το σχετικό κόστος θα βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα.

6. Συμπεράσματα – Προτάσεις – Περιορισμοί Έρευνας

6.1 Συμπεράσματα

Από τα πορίσματα της έρευνας που πραγματοποιήθηκε, διαφαίνεται ότι τα συστήματα UAVs, παρά την νέα τους παρουσία στον Κλάδο, είναι ήδη σε θέση να συνεισφέρουν στο έργο της Ναυτιλίας, τουλάχιστον για ένα συγκεκριμένο εύρος εφαρμογών. Παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιήθηκαν αρκετές παραδοχές προκειμένου να καταστεί εφικτή η εν λόγω μελέτη και να εξαχθούν συμπεράσματα (συγκεκριμένη εμβέλεια εξυπηρέτησης, όριο βάρους φορτίου, συγκεκριμένες

κατηγορίες πλοίων προς εξυπηρέτηση κ.α.), η διαπίστωση ότι τα εν λόγω συστήματα θα μπορούσαν να εκτελέσουν αποδοτικότερα κάποιες κατηγορίες μεταφορών, σηματοδοτεί την αφετηρία μίας νέας εποχής για τη Ναυτιλία και τις μεταφορές γενικότερα.

Πίνακας 14: Σύνοψη τελικής βαθμολογίας CUAVs, ανά περίπτωση μεταφοράς

	Ultra-light weight	Light-weight	Medium-weight	Heavy-weight
Επείγουσα μεταφορά μικρού φορτίου	8.04			
Μεταφορά φαρμάκων/ ιατρικού εξοπλισμού	7.8	7.3 max cost <1€/km		
Μεταφορά εγγράφων	9.18			
Μεταφορά κρίσιμου εξοπλισμού			<7	8.18 – 8.6
Έρευνα & διάσωση		5.96	7.08	8.32
Κλίμακα	Βέλτιστο	Εναλλακτική λύση	Μέτρια απόδοση	Ακατάλληλο

Όπως παρατηρούμε από τα στοιχεία του πίνακα, τα CUAVs κερδίζουν τον ανταγωνισμό στις μεταφορές των μικρών φορτίων, προσφέροντας τον βέλτιστο συνδυασμό κόστους – ταχύτητας – διαθεσιμότητας στις αποστολές τους. Η χαρακτηριστική διαφορά του κόστους μεταφοράς έναντι των συμβατικών συστημάτων, είναι αρκετή για να τα αναδείξει ως τα καταλληλότερα μεταφορικά μέσα για την παράδοση ελαφριών φορτίων στο πλοίο.

Αντιθέτως, στις περιπτώσεις που απαιτούν τη μεταφορά βαρύτερων φορτίων, η απόδοσή τους φαίνεται να ακολουθεί τα συμβατικά μέσα, με τα Heavy-weight Lift CUAVs να παραμένουν, όμως, κοντά στον ανταγωνισμό. Παρατηρώντας τον ρυθμό προόδου της τεχνολογίας τους και τα πειραματικά μοντέλα που βρίσκονται ακόμη σε φάση ανάπτυξης, θα διαπιστώσουμε ότι η βελτίωση των υφιστάμενων δυνατοτήτων, αλλά και η εμφάνιση νέων, είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα ακολουθήσουν στο προσεχές διάστημα. Αυτό μπορεί επίσης να γίνει εύκολα αντιληπτό, εάν αναλογιστούμε τους

πόρους και το ερευνητικό έργο που επενδύουν μεγάλα ονόματα του Κλάδου των μεταφορών και της αεροπορικής βιομηχανίας, προς αυτή την κατεύθυνση.

Οι μεγαλύτερες προκλήσεις που θα κληθούν να αντιμετωπίσουν όλες οι κατηγορίες των UAVs γενικότερα, στην πορεία της εξέλιξής τους, θα έχει να κάνει με την ολοένα και αυστηρότερη νομοθεσία που θα ρυθμίζει την ασφαλή χρήση τους (όσο θα παρατηρούμε ακόμη μεγαλύτερη παρουσία τους στους αστικούς ουρανοί). Ο εξοπλισμός των UAVs με όλα τα κατάλληλα συστήματα ασφαλείας και ελέγχου και η παροχή άρτιας εκπαίδευσης στους χειριστές τους, θα αποτελέσουν καθοριστικά στοιχεία στην προσπάθεια διατήρησης χαμηλού δείκτη ατυχημάτων και την αποφυγή ζητημάτων ασφαλείας, τα οποία σίγουρα θα δημιουργήσουν αρνητικό κλίμα και θα κλονίσουν την εμπιστοσύνη του κοινού για ευρεία χρήση τους.

Παράλληλα, η τεχνολογία των μπαταριών και ο τρόπος διαχείρισης των διαθέσιμων αποθεμάτων ενέργειας των UAVs, θα είναι εξίσου καθοριστικά για την εξέλιξή τους, ώστε να καταφέρουν να υπερνικήσουν τους, μέχρι στιγμής, μικρούς χρόνους αυτονομίας και την περιορισμένη εμβέλεια πτήσης τους (πάντα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μέσα).

Τέλος, εάν το σύνολο των νέων δυνατοτήτων και παρεχόμενων υπηρεσιών, καταφέρει να συνδυαστεί και με ανταγωνιστικά επίπεδα τιμών για τον τελικό καταναλωτή (σε σχέση με τα συμβατικά μέσα), τότε η επικράτησή τους αναμένεται να είναι ακόμη συντομότερη από τις προσδοκίες των κατασκευαστών και τις τρέχουσες βιβλιογραφικές εκτιμήσεις.

6.2 Περιορισμοί έρευνας – Περιθώρια για μελλοντική μελέτη

Η απουσία πληροφοριών για τα εκτιμώμενα κόστη υπηρεσιών που αφορούν την πλειοψηφία των συστημάτων CUAVs, οδήγησε στην ανάγκη ορισμού μίας σειράς παραδοχών, προκειμένου να μπορέσει να εκπονηθεί η μελέτη. Η παρουσία περισσότερων συστημάτων στην μελλοντική αγορά των μεταφορών, θα προσφέρει και τα απαραίτητα ποσοτικά στοιχεία, προκειμένου να διαμορφωθεί ακριβέστερη εικόνα για τα πραγματικά κόστη μεταφοράς φορτίων με CUAVs.

Για τον υπολογισμό του μοναδιαίου κόστους των συμβατικών μέσων (λάντζα – ελικόπτερο), χρησιμοποιήθηκε ως σημείο αναφοράς, η μέση ταχύτητα του οχήματος. Αυτό συνεπάγεται ότι το εκάστοτε σύστημα θεωρείται πως ταξιδεύει με τη δεδομένη σταθερή ταχύτητα καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του, γεγονός που δεν αντιστοιχεί στην πραγματική κατάσταση. Το πραγματικό κόστος θα παρουσιάζει μία διακύμανση, που θα οφείλεται σε αυτό τον παράγοντα.

Τα στοιχεία κόστους των συμβατικών μεταφορικών συστημάτων, ελήφθησαν από Ελληνικές εταιρείες παροχής ανάλογων υπηρεσιών. Ως εκ τούτου, τα εν λόγω κόστη ενδέχεται να παρουσιάζουν διακυμάνσεις ανάλογα με την περιοχή και τη χώρα παροχής των σχετικών υπηρεσιών, ή ακόμα και με την επιθυμητή πολιτική τιμολόγησης, της κάθε εταιρείας.

Η έρευνα περιορίστηκε στο πλαίσιο των υφιστάμενων δυνατοτήτων των συστημάτων CUAVs. Αυτό συνεπάγεται ότι τα σχετικά πορίσματα και συμπεράσματα, αναφέρονται σε μεταφορές μικρής εμβέλειας, της τάξης των 20 χιλιομέτρων από το λιμάνι και σε περιορισμένη δυνατότητα μεταφοράς φορτίων, που δεν ξεπερνούν τα 250 κιλά βάρους, ανά διαδρομή. Η συνεχής βελτίωση των τεχνικών δυνατοτήτων των συστημάτων, θα επιτρέψει σταδιακά τη μελέτη μεγαλύτερου εύρους μεταφορικών περιπτώσεων.

Στην παρούσα εργασία, δεν τίγονται καθόλου τα ζητήματα αξιοπιστίας και ασφάλειας των συστημάτων CUAVs, λόγω της απουσίας σχετικών αξιόπιστων πληροφοριών. Τα εν λόγω ζητήματα ενδέχεται να επηρεάσουν σημαντικά, τόσο το κόστος των παρεχόμενων υπηρεσιών, το μέγεθος της παρουσίας τους στην αγορά αλλά και την επιβολή νέων περιορισμών στη χρήση τους, από τα αρμόδια διεθνή και εθνικά θεσμικά όργανα της εκάστοτε αεροπορικής υπηρεσίας, που καθορίζουν την πολιτική, γύρω από την ασφαλή χρήση τους.

7. Ανάπτυξη υποθετικού μοντέλου σταθμού CUAVs

7.1 Το υποθετικό μοντέλο μελέτης

Το υποθετικό μοντέλο, αφορά τη λειτουργία ενός σταθμού μεταφορικών UAVs διαφόρων μεγεθών, ο οποίος θα είναι σε θέση να εξυπηρετεί τις μεταφορικές ανάγκες των πλοίων, που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή του λιμανιού. Ο κυριότερος σκοπός της λειτουργίας του σταθμού, θα είναι να μπορεί να εξυπηρετήσει τα πλοία έξω από τις συνηθισμένες περιοχές αγκυροβόλησης του τοπικού λιμανιού, ούτως ώστε να αποφεύγονται τα προβλήματα συμφόρησης και οι αντίστοιχες καθυστερήσεις.



Εικόνα: Απεικόνιση του υποθετικού μοντέλου της μελέτης (Πηγή: www.f-drones.com/procedures 10/09/2020)

Τα υλικά που θα απαιτείται να μεταφερθούν στο εκάστοτε πλοίο, θα παραδίδονται με τα κατάλληλα μέσα στον σταθμό των UAVs, ο οποίος θα βρίσκεται σε τοποθεσία που θα διαθέτει εύκολη και γρήγορη πρόσβαση από τα οδικά δίκτυα. Στη συνέχεια, θα φορτώνονται στα κατάλληλα συστήματα CUAVs(ανάλογα με το βάρος και τον όγκο τους) για την εναέρια μεταφορά τους στα πλοία.

Με τη συγκεκριμένη προσέγγιση θα εξοικονομείται:

- **Χρόνος:** Το πλοίο χρειάζεται χρόνο για να προσεγγίσει την περιοχή του λιμανιού - να συνεννοηθεί με τις τοπικές λιμενικές αρχές για να λάβει τις απαιτούμενες εγκρίσεις - να αγκυροβολήσει σε κάποια από τις εξωτερικές αποβάθρες και να αναχωρήσει από αυτή, μετά το πέρας της διαδικασίας. Αντίστοιχος χρόνος απαιτείται και από τα πλωτά μεταφορικά μέσα που χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν τα υλικά στο πλοίο. Σε αρκετές περιπτώσεις μάλιστα, τα υλικά παραδίδονται «χέρι με χέρι», από τις πλευρικές μπουκαπόρτες του πλοίου.
- **Κόστος:** Η χρήση των εγκαταστάσεων του λιμανιού συνεπάγεται αντίστοιχο κόστος, ενώ παράλληλα οποιαδήποτε καθυστέρηση σε όλους τους ανωτέρω χρόνους, μεταφράζεται σε επιπλέον οικονομικό κόστος, το οποίο προκύπτει από τη μη επιχειρησιακή εκμετάλλευση του πλοίου.
- **Απασχόληση προσωπικού:** Όλες οι ανωτέρω ενέργειες, προϋποθέτουν μία σειρά ενεργειών από το πλήρωμα, τους μεταφορείς και το προσωπικό του λιμανιού, για την προσέγγιση και αγκυροβολήση του πλοίου, τη μεταφορά και την παράδοση των υλικών σε αυτό κλπ.

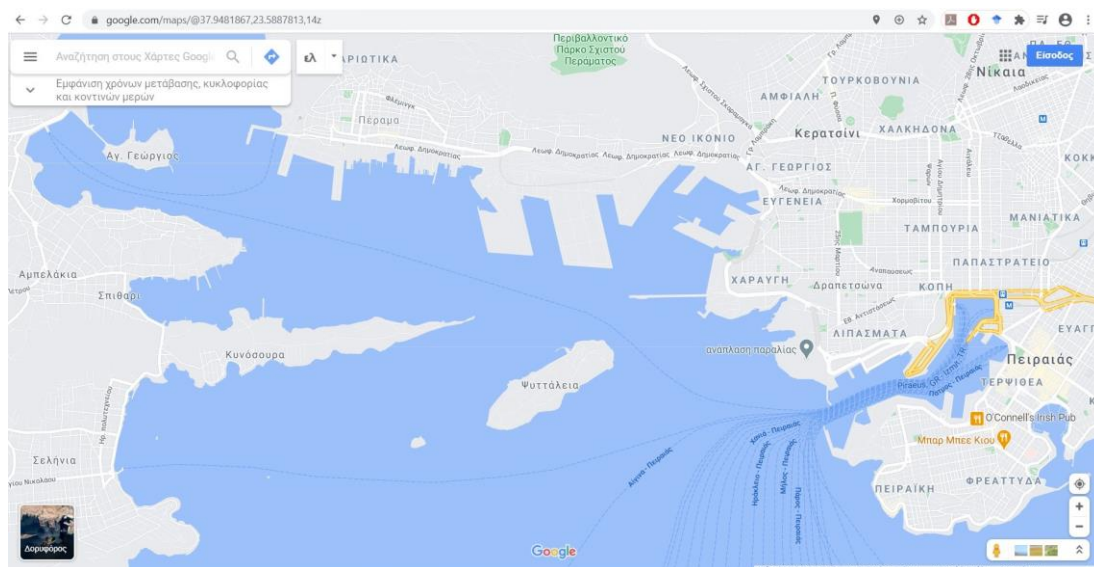
7.2 Προσδιορισμός της γεωγραφικής περιοχής μελέτης του μοντέλου

Προκειμένου να ληφθούν υπόψη όλες οι παράμετροι που αφορούν την αλληλεπίδραση των συστημάτων CUAVs με το άμεσο περιβάλλον τους, απαιτείται η γεωγραφική αναφορά σε κάποιο πραγματικό λιμάνι. Ως εκ τούτου, για το υποθετικό μοντέλο της εργασίας, επιλέχθηκε η ευρύτερη περιοχή του Εμπορικού Λιμένα Πειραιώς, ώστε να απεικονιστούν χωροταξικά σε αυτήν, όλα τα διαθέσιμα στοιχεία.



- ΣΕΜΠΙΟ Προβλήτες Ι και ΙΙ
- Φορτοεκφορτώσεις αυτοκινήτων
- Τελωνείο- Αποθήκες Logistics

Εικόνα: Κάτοψη Εμπορικού Λιμένα Πειραιώς (Πηγή: www.pireaspiraeus.com 14/10/2020)



Εικόνα: Κάτοψη ευρύτερης περιοχής Εμπορικού Λιμένα Πειραιώς (Πηγή: Google Maps)

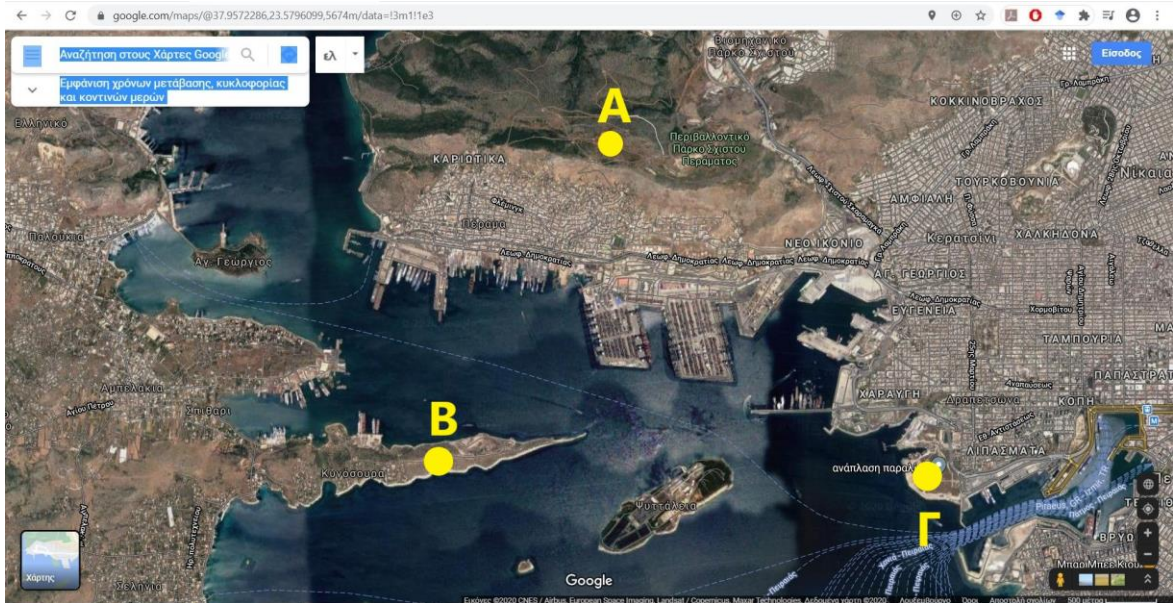
7.3 Θέση σταθμού CUAVs – Χαρακτηριστικά και Δυνατότητες

Η επιλογή της κατάλληλης τοποθεσίας εγκατάστασης του σταθμού των CUAVs, αποτελεί ένα από τα βασικότερα ζητήματα της μελέτης, καθώς η εν λόγω τοποθεσία θα πρέπει να υποστηρίζει στον βέλτιστο βαθμό, τον σκοπό και την λειτουργία του. Οι βασικές προϋποθέσεις που θα πρέπει να πληροί είναι οι ακόλουθες:

- Να διαθέτει την απαιτούμενη έκταση για την κατασκευή του σταθμού και την ασφαλή στάθμευση/ φόρτωση/ απογείωση/ προσγείωση των UAVs, καθώς και την ασφαλή διέλευση/ στάθμευση/ εκφόρτωση των μέσων μεταφοράς των προμηθειών/ υλικών.
- Ο περιβάλλον χώρος θα πρέπει να επιτρέπει την ασφαλή προσέγγιση των UAVs και να μην περιλαμβάνει ψηλά κτίρια, οικήματα και καλώδια ηλεκτροδότησης.
- Να βρίσκεται σε σχετικό υψόμετρο από το επίπεδο της θάλασσας, ώστε να δημιουργεί ικανοποιητικές ακτίνες LoS για την εμβέλεια επικοινωνίας του σταθμού με τα UAVs και με τα πλοία.
- Να βρίσκεται εκτός των απαγορευμένων ζωνών διέλευσης αεροσκαφών.
- Να διαθέτει δυνατότητα παροχής ηλεκτροδότησης, για τα συστήματα φόρτισης των μπαταριών των CUAVs.
- Να διαθέτει εύκολη πρόσβαση από το οδικό δίκτυο, με περισσότερες από μία εναλλακτικές διαδρομές.
- Να βρίσκεται μακριά από περιοχές που σημειώνουν κυκλοφοριακή συμφόρηση κατά τις ώρες αιχμής και σε σχετική απόσταση από τις κύριες εγκαταστάσεις του εμπορικού λιμανιού.
- Να βρίσκεται σε κομβικό σημείο που θα επιτρέπει την βέλτιστη δυνατή ακτίνα εξυπηρέτησης στην ευρύτερη περιοχή.
- Βάσει των κανονισμών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη λειτουργία των UAVs, για συγκεκριμένες κατηγορίες CUAVs απαγορεύεται η πτήση πάνω από κατοικημένες περιοχές, συνεπώς η διαδρομή της πτήσης τους δεν θα πρέπει να διασχίζει κατοικημένη περιοχή.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ανωτέρω στοιχεία, επιλέχθηκαν αρχικά τρεις διαφορετικές ενδεικτικές περιοχές, οι οποίες προσέφεραν αντίστοιχα πλεονεκτήματα αλλά και περιορισμούς:

Α: ΠΕΡΑΜΑ – Β: ΣΑΛΑΜΙΝΑ – Γ: ΔΡΑΠΕΤΣΩΝΑ

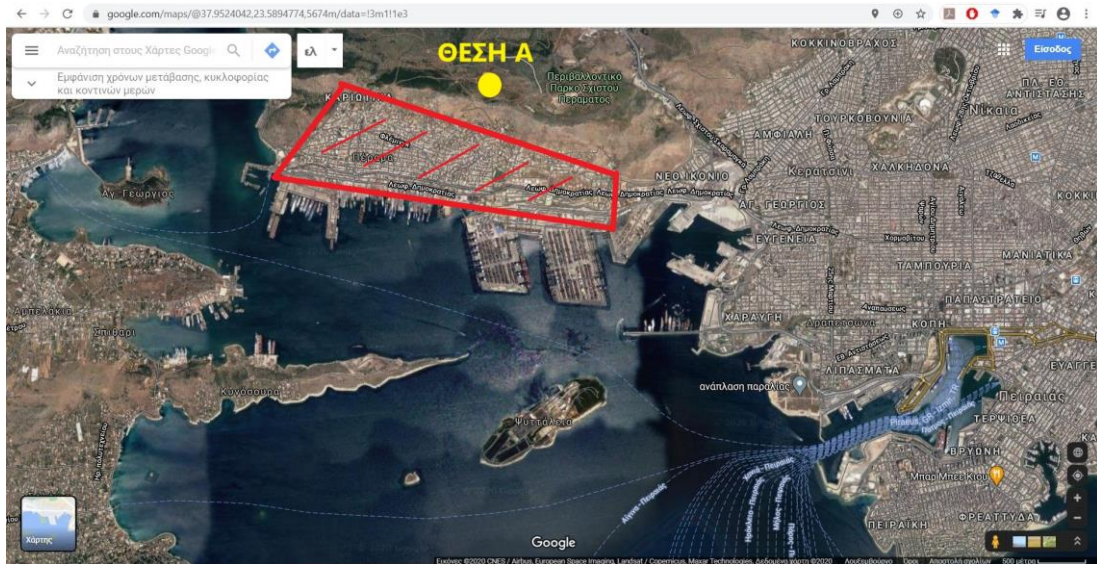


Εικόνα: Υποψήφιες θέση εγκατάστασης του σταθμού λειτουργίας CUAVs (Πηγή: Google Maps)

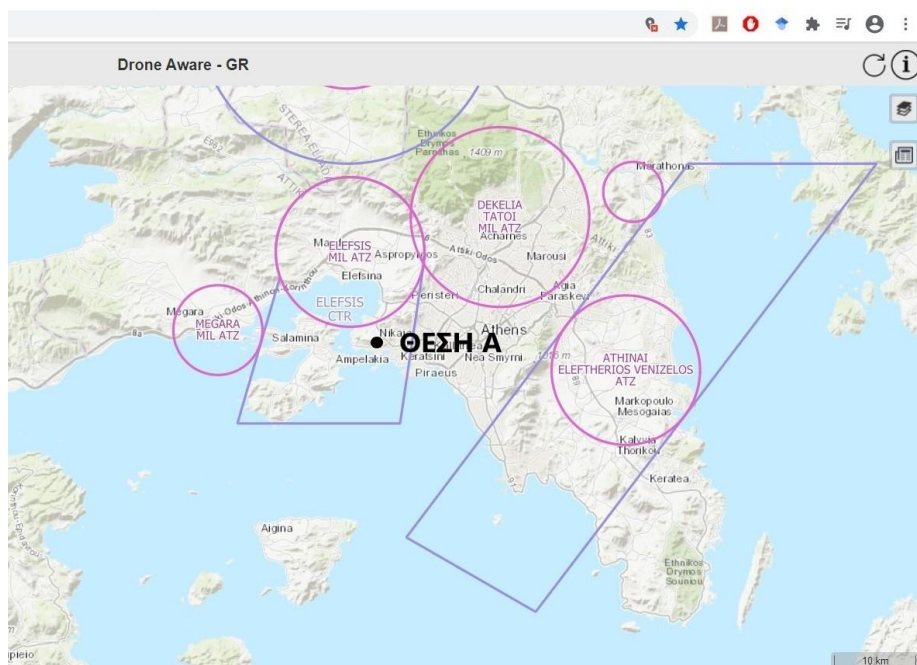
Πίνακας 15: Σύγκριση υποψήφιων θέσεων κατασκευής σταθμού CUAVs

	Ευκολία πρόσβασης	Εμβέλεια εξυπηρέτησης	Διέλευση από κατοικημένες περιοχές	Απόσταση από λιμάνι	Απόσταση από απαγορευμένες ζώνες πτήσης	Ασφάλεια περιβάλλοντος χώρου
Α	4	2	0	4	1	4
Β	1	4	4	4	3	4
Γ	3	4	4	2	4	3

Η θέση «Α» (Πέραμα) προσφέρει ευκολία πρόσβασης από το οδικό δίκτυο και βρίσκεται σε ανοιχτή περιοχή, χωρίς κτίρια και φυσικά εμπόδια, σχετικά μακριά από τον κύριο χώρο του λιμανιού. Παρόλα αυτά, βρίσκεται πολύ κοντά στην περιοχή πτήσεων του αεροδρομίου της Ελευσίνας, ενώ το σημαντικότερο πρόβλημα που την καθιστά ακατάλληλη, είναι η αναγκαιότητα της διέλευσης των CUAVs πάνω από κατοικημένες ζώνες, προκειμένου να φτάσουν στη θάλασσα.



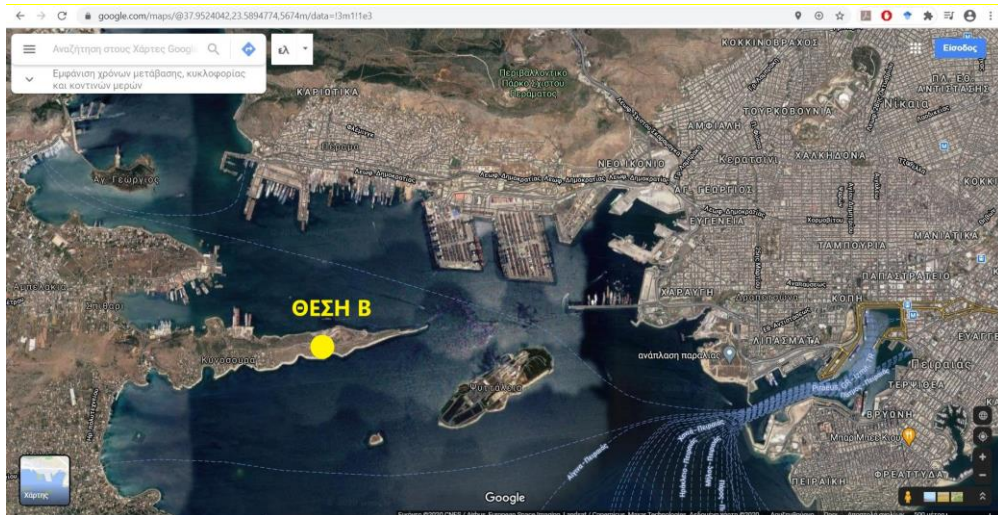
Εικόνα: Ενδεικτική θέση «Α» εγκατάστασης του σταθμού λειτουργίας CUAVs (Πηγή: Google Maps)



Εικόνα: Θέση «Α» και ATZ Αεροδρομίων (Πηγή: <https://dagr.hcaa.gr> 14/10/2020)

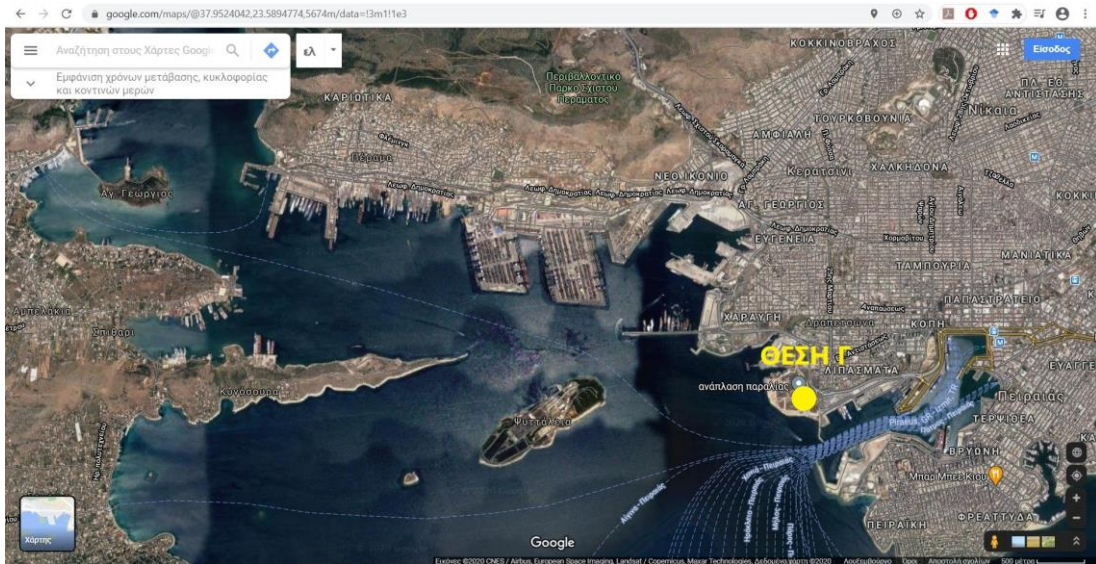
Η θέση «B» (Σαλαμίνα) προσφέρει ασφαλές περιβάλλον, μακριά από κατοικημένες ζώνες και την περιοχή του λιμανιού, ενώ παράλληλα έχει και ικανοποιητική εμβέλεια εξυπηρέτησης. Το σημαντικότερο μειονέκτημα, είναι η δυσκολία της πρόσβασης από την ηπειρωτική χώρα για την παράδοση των υλικών στο σταθμό, αφού κάτι τέτοιο είναι εφικτό μόνο με την χρήση του πλοίου από τον σταθμό του Περάματος. Ως εναλλακτική λύση, τα UAVs θα μπορούσαν να περνούν

πρώτα από το λιμάνι για την παραλαβή του φορτίου και στη συνέχεια να εκτελούν το επιθυμητό δρομολόγιο παράδοσης. Μία τέτοια λύση όμως θα μείωνε σημαντικά την εμβέλεια εξυπηρέτησης, ενώ ταυτόχρονα θα αύξανε σημαντικά τον χρόνο εξυπηρέτησης.



Εικόνα: Ενδεικτική θέση «B» εγκατάστασης του σταθμού λειτουργίας CUAVs (Πηγή: Google Maps)

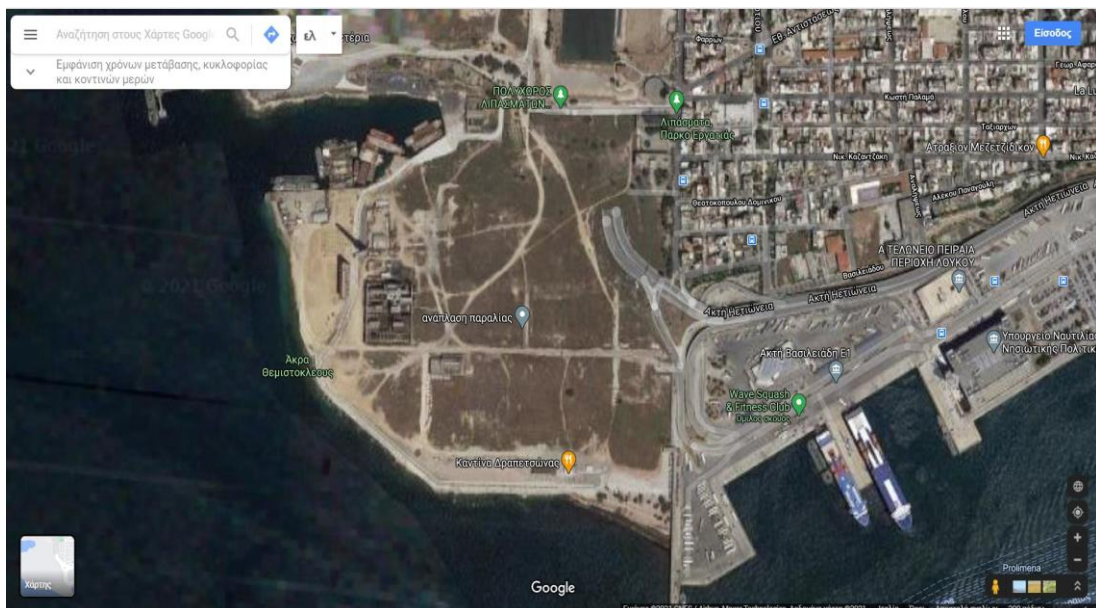
Η περιοχή «Γ» (Παραλία Δραπετσώνας) προσφέρει ίσως την καλύτερη εμβέλεια εξυπηρέτησης και παρά το γεγονός ότι βρίσκεται σε περιοχή κυκλοφοριακής συμφόρησης, παρέχει εναλλακτικούς τρόπους προσέγγισης. Αν και δεν βρίσκεται σε υψόμετρο από τη θάλασσα, προσφέρει καλές συνθήκες ορατότητας προς την περιοχή του Σαρωνικού κόλπου. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα είναι ότι παρόλο που βρίσκεται κοντά σε κατοικημένη περιοχή, τα οικήματα βρίσκονται όπισθεν της θέσης σε σχέση με τη θάλασσα, συνεπώς δεν υπάρχει ο κίνδυνος υπερπήσεων πάνω από ανθρώπους. Επίσης, η θέση βρίσκεται μακριά από τις απαγορευμένες ζώνες των αεροδρομίων της Αττικής. Από τις ενδεικτικές θέσεις που παρουσιάστηκαν, φαίνεται να αποτελεί την βέλτιστη, συνολικά, τοποθεσία για την κατασκευή του σταθμού CUAVs.



Εικόνα: Ενδεικτική θέση «Γ» εγκατάστασης του σταθμού λειτουργίας CUAVs (Πηγή: Google Maps)

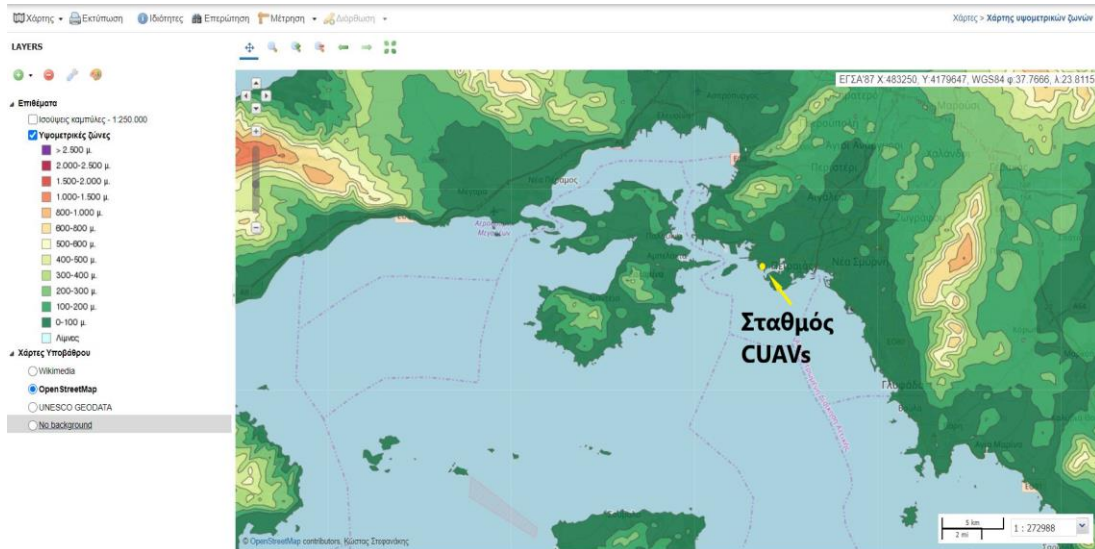
Πίνακας 16: Στοιχεία τοποθεσίας επιλογής για την κατασκευή του σταθμού

Περιοχή	Παραλία Δραπετσώνας Αττικής
Συντεταγμένες	N 37.943, E 23.619
Διαθέσιμη Έκταση	150 στρέμματα (Συνολική και κατά προσέγγιση)
Υψόμετρο	0-100m
Πρόσβαση	Κηφισός – Έξοδος Νίκαια/ Οδ.Θηβών/ Τάυρος (7.7 km – 14min) Λεωφόρος Αθηνών- Έξοδος Λεωφ.Σχιστού (10.3 Km – 11min)
Ηλεκτροδότηση	Ναι



Εικόνα: Κάτοψη διαθέσιμης έκτασης κατασκευής σταθμού λειτουργίας CUAVs(Πηγή: Google Maps)

Τα αντίστοιχα υψομετρικά στοιχεία της περιοχής του σταθμού, παρουσιάζονται στις ακόλουθες εικόνες:



Εικόνα: Υψομετρικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής λειτουργίας του σταθμού CUAVs (Πηγή: <http://mapsportal.ypen.gr> 18/10/2020)

Η ίδια η θέση του σταθμού προσφέρει καθαρό οπτικό πεδίο προς το μεγαλύτερο ποσοστό του Σαρωνικού Κόλπου. Από τις υψομετρικές διαφορές που παρατηρούμε στον χάρτη, τα σημεία με τη δυσκολότερη ορατότητα είναι εκείνα που βρίσκονται όπισθεν της Σαλαμίνας, όπου λόγω των ορεινών όγκων του νησιού, οι τυχόν επιθυμητές αποστολές δεν θα πληρούν το κριτήριο του LOS με τον σταθμό.

7.4 Περιοχές Περιορισμού/ Απαγόρευσης πτήσεων UAVs

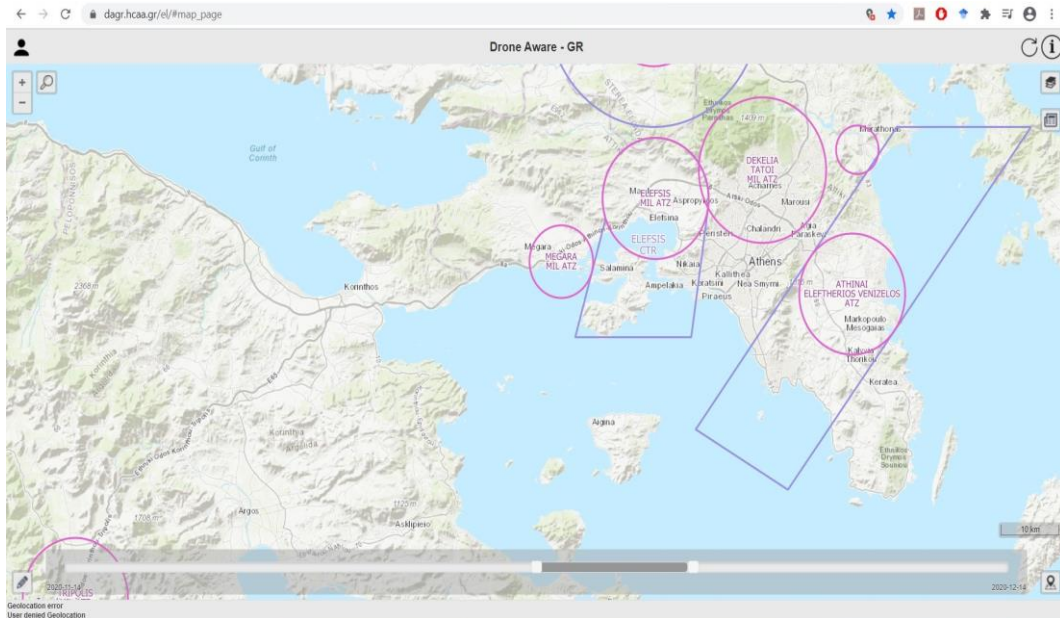
Παρά το γεγονός ότι η τοποθεσία του σταθμού βρίσκεται εκτός των απαγορευμένων ζωνών πτήσεων των αεροδρομίων της Αττικής, η ευρύτερη περιοχή του λεκανοπεδίου σημειώνει αρκετούς περιορισμούς για την πτήση των UAVs, κυρίως εξαιτίας των ακόλουθων χαρακτηριστικών:

A) Η παρουσία πολλών και πυκνοκατοικημένων περιοχών

Ολόκληρο το λεκανοπέδιο της Αττικής αποτελείται από πολλές πυκνοκατοικημένες περιοχές στις οποίες δεν επιτρέπεται η πτήση UAVs που ανήκουν στις κλάσεις “C2” και πάνω (συνολικό βάρος >1 Kg). Η θέση του σταθμού δεν επηρεάζεται από τις κατοικημένες περιοχές της ηπειρωτικής Αττικής, όμως επηρεάζεται από τις κατοικημένες περιοχές της Σαλαμίνας. Ως εκ τούτου, η εξυπηρέτηση σημείων που βρίσκονται πίσω από το Δυτικό - ΝοτιοΔυτικό τμήμα του νησιού, μπορεί να γίνει μόνο με πτήση περιμετρικά του νησιού.

B) Η παρουσία 4 τοπικών αεροδρομίων (ΔΑΑ-ΕΒ, Τατόι, Ελευσίνα. Μέγαρα) εκ των οποίων τα 3 καταλαμβάνουν απαγορευμένες/ περιορισμένες ζώνες, εντός των περιοχών εξυπηρέτησης του σταθμού.

Στην ευρύτερη περιοχή του σταθμού, λειτουργούν συνολικά 4 αεροδρόμια (1 πολιτικό και 3 στρατιωτικά), πλησίον των οποίων απαγορεύεται η διέλευση οποιουδήποτε ιπτάμενου μέσου, επανδρωμένου ή μη. Οι Απαγορευμένες Ζώνες των 4 Αεροδρομίων (ΑΤΖ) ακτίνας 4 km έκαστη, φαίνονται στην ακόλουθη εικόνα (μωβ χρώμα).

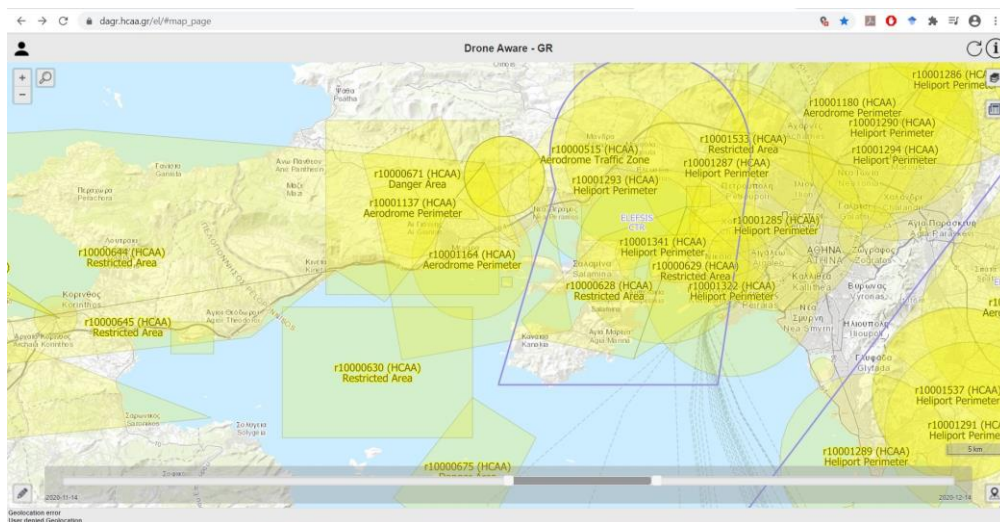
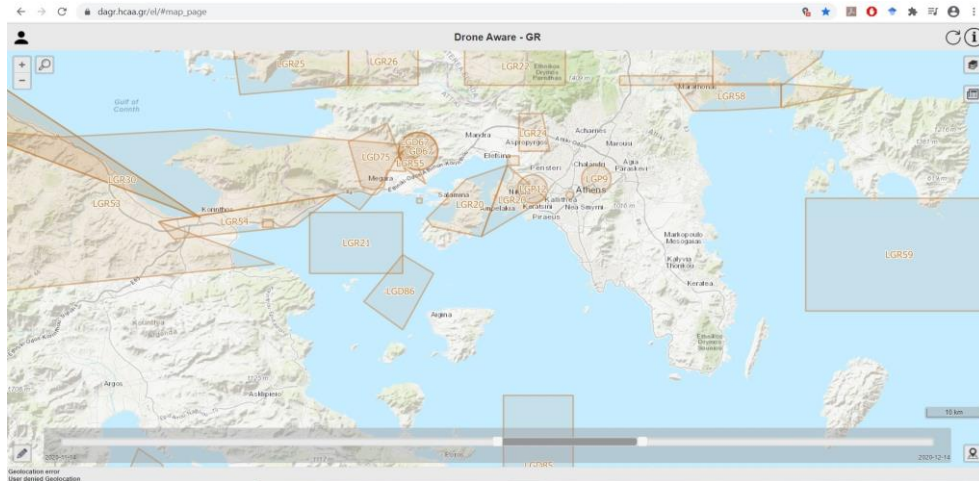


Εικόνα: Απαγορευμένες ζώνες Αεροδρομίων (μωβ) και περιοχές Ελέγχου Αεροδρομίων (μπλε)
(Πηγή: <https://dagr.hcaa.gr> 18/10/2020)

Η θέση του σταθμού, βρίσκεται εκτός των ATZ, αλλά οριακά εντός της ζώνης ελέγχου του Αεροδρομίου της Ελευσίνας(LGEL). Λόγω των ATZ Ελευσίνας και Μεγάρων, οποιαδήποτε δραστηριότητα στον Κόλπο της Ελευσίνας (μέχρι και την περιοχή των Μεγάρων) δεν θα είναι εφικτή.

Γ) Επιπλέον περιοχές περιορισμένης πρόσβασης ιπτάμενων μέσων.

Πέραν από τις ATZ και τις περιοχές ελέγχου των αεροδρομίων, πρόσθετοι περιορισμοί ενδέχεται να προκύψουν κατά περίπτωση, σύμφωνα με τις εκάστοτε απαιτήσεις ιπτάμενων μέσων της περιοχής ή συγκεκριμένες προβλέψεις της ΥΠΑ. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων περιπτώσεων φαίνονται στις ακόλουθες εικόνες:



Εικόνες: Παράδειγμα περιπτώσεων πολλαπλών δεσμευμένων περιοχών πτήσεων ΥΠΑ (AZT-Restricted-Danger) (Πηγή: <https://dagr.hcaa.gr> 18/10/2020).

7.5 Διαθέσιμα συστήματα CUAVs

Η κάλυψη της εκάστοτε απαιτούμενης μεταφοράς, θα υλοποιείται από τον καταλληλότερο τύπο CUAV, σύμφωνα με τα πορίσματα της έρευνας που παρουσιάστηκαν στο κύριο μέρος της εργασίας. Σε περίπτωση αδυναμίας του μέσου να εκτελέσει τη μεταφορά, θα επιλέγεται ιεραρχικά ο επόμενος καταλληλότερος τύπος CUAV.

Όπως αναφέρθηκε και στο κύριο μέρος της εργασίας, τα βαρύτερα φορτία που μπορούν να εξυπηρετηθούν από τον σταθμό, είναι εκείνα που δεν ξεπερνούν σε βάρος το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο των Heavy-lift CUAVs (200-250kgs). Στην

περίπτωση όμως που τα μεγάλα φορτία μπορούν να διαιρεθούν σε μικρότερα επιμέρους πακέτα, τότε θα μπορούσε να διερευνηθεί η χρήση των “Heavy Lift CUAVs” για πολλαπλές διαδρομές, με τη μεταφορά του μέγιστου δυνατού φορτίου ανά διαδρομή.

Ως ενδεικτικό μέσο αναφοράς για την κατηγορία των “Heavy-lift” CUAVs, θα χρησιμοποιήσουμε το σύστημα “Volodrone” της εταιρείας “Volocopter” το οποίο βρίσκεται ήδη σε εμπορική παραγωγή και επιχειρεί σε διάφορες εφαρμογές ανά τον κόσμο. Τα τεχνικά του χαρακτηριστικά, παρουσιάζονται ακολούθως:



Εικόνα: Σύστημα CUAV “Volodrone” της εταιρείας “Volocopter” (Πηγή: www.volocopter.com 20/10/2020)

Πίνακας 17: Τεχνικά χαρακτηριστικά συστήματος αναφοράς

Τεχνικά Χαρακτηριστικά	
Τύπος UAV	eVTOL Cargo Drone
Βάρος	550 Kg
Διάμετρος	9.2 m
Ύψος	2.3 m
Αριθμός Ελίκων	18 έλικες/ ηλεκτροκινητήρες
Μέγιστη ταχύτητα (χωρίς φορτίο)	110 Km/h
Ταχύτητα πλεύσης (πλήρες φορτίο)	80 km/h
Χρόνος επαναφόρτισης μπαταρίας	90 minutes
Χρόνος αντικατάστασης μπαταρίας	<5 minutes
Ωφέλιμο φορτίο	200 Kg
Μέγιστη εμβέλεια πτήσης	40 Km
Μέγιστος χρόνος αυτονομίας	30 minutes
Επιτρεπόμενες διαστάσεις φορτίου	NA



Εικόνα: Συγκριτική απεικόνιση μεγέθους CUAV “Volodrone” με τον άνθρωπο (Πηγή: www.volocopter.com 20/10/2020)

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα που παρουσιάζει το συγκεκριμένο σύστημα CUAV, είναι η δυνατότητα μεταφοράς του φορτίου του με ιμάντες, αντί για την απαίτηση της πρόσδεσής του στο σώμα του CUAV. Με αυτόν τον τρόπο, λύνεται το πρόβλημα των μέγιστων επιτρεπόμενων διαστάσεων (όγκου) του φορτίου, οι οποίες πλέον μπορούν να ξεπερνούν και τις διαστάσεις του ίδιου του CUAV, αρκεί το ωφέλιμο φορτίο να παραμένει μικρότερο των 200 Kg.

Όπως είναι φυσικό, η εν λόγω δυνατότητα δημιουργεί αντίστοιχα και μεγαλύτερο κίνδυνο στην ασφαλή διαχείριση του φορτίου κατά την μεταφορά του, καθώς αυτό είναι άμεσα εκτεθειμένο στο έδαφος κατά την προσγείωση και απαιτεί μεγαλύτερη προσοχή από τον χειριστή κατά την εναπόθεσή του στο κατάστρωμα του πλοίου. Εξίσου σημαντική προσοχή, απαιτείται και κατά την πτήση του CUAV, καθώς το φορτίο αποτελεί εξωτερικό σώμα και οι ταλαντώσεις του μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά τα πτητικά χαρακτηριστικά του συστήματος.



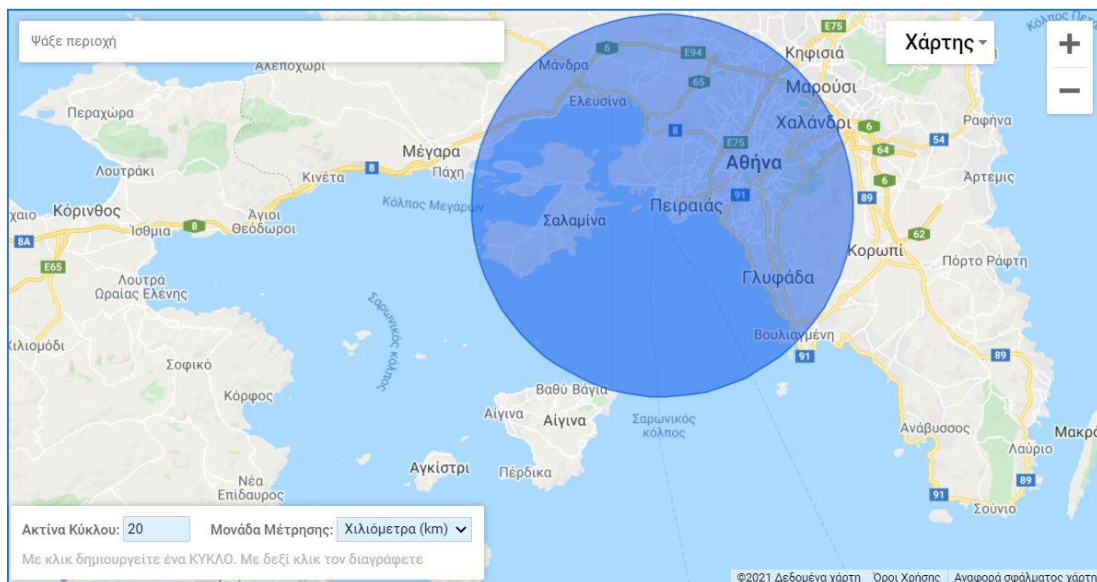
Εικόνα: CUAV Volodrone: Η μεταφορά του φορτίου με μάντες προσφέρει το πλεονέκτημα του μεγαλύτερου όγκου, αυξάνοντας όμως τον κίνδυνο μεταφοράς. (Πηγή: www.volocopter.com 20/10/2020)

7.6 Εμβέλεις εξυπηρέτησης πλοίων

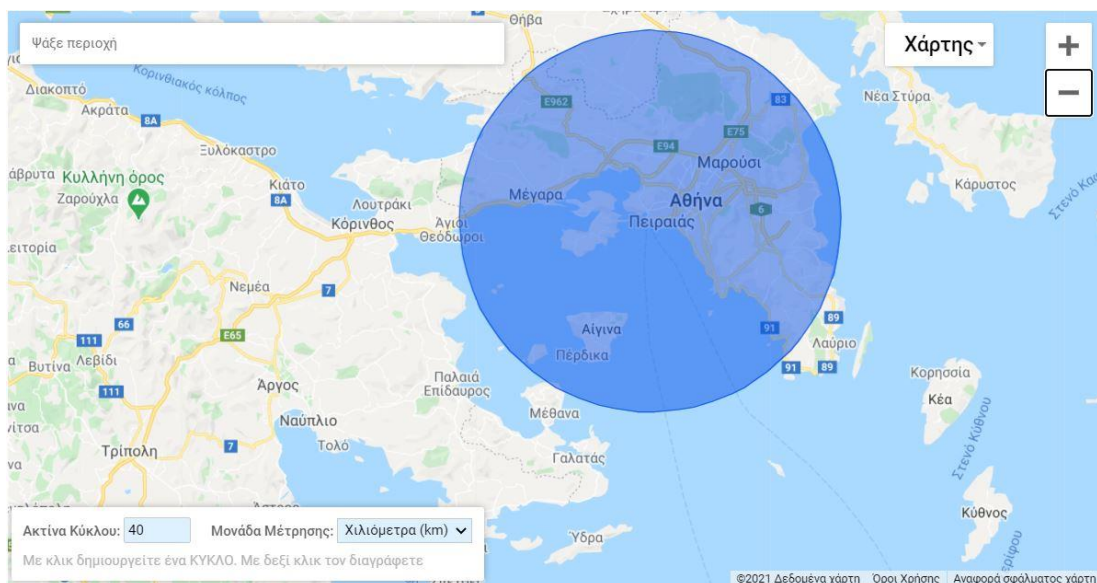
Οι εμβέλεις εξυπηρέτησης του σταθμού και οι αντίστοιχοι χρόνοι μεταφοράς των φορτίων στα πλοία, εξαρτώνται, όπως είναι φυσικό, από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων CUAVs που θα χρησιμοποιούνται στην εκάστοτε μεταφορά. Δεδομένου ότι τα CUAVs θα πρέπει να επιστρέφουν στη βάση τους μετά

την εκτέλεση των μεταφορών, η μέγιστη εμβέλεια εξυπηρέτησης, θα είναι η μισή απόσταση της μέγιστης εμβέλειας που ορίζουν οι τεχνικές προδιαγραφές. Στο παράδειγμά μας, το CUAV έχει μέγιστη εμβέλεια τα 40 Km, συνεπώς θα είναι σε θέση να εξυπηρετήσει μεταφορές μέχρι τα 20 Km από τη βάση.

Στους ακόλουθους χάρτες, παρουσιάζονται οι περιοχές εξυπηρέτησης των πλοίων από τα CUAVs της βάσης, για εμβέλειες των 20 Km και 40 Km (με δυνατότητα επιστροφής του CUAV στη βάση)



Εικόνα: Εμβέλεια εξυπηρέτησης σταθμού 20 Km (Πηγή: www.ypologismos.gr 23/10/2020)



Εικόνα: Εμβέλεια εξυπηρέτησης σταθμού 40 Km (Πηγή: www.ypologismos.gr 23/10/2020)

7.7 Χρόνοι μεταφοράς πακέτων

Όσον αφορά τον χρόνο μεταφοράς των πακέτων, αυτός θα εξαρτάται από την ταχύτητα πλεύσης του συστήματος και το βάρος του μεταφερόμενου φορτίου. Για τον υπολογισμό του χρόνου μεταφοράς ενός πακέτου στο πλοίο, αυτός δίνεται από τον απλό τύπο $t = D_{ship} / U_{cruise}$ όπου “D ship” η απόσταση του πλοίου από τη βάση και “U cruise” η ταχύτητα πτήσης του CUAV με φορτίο.

Για τον υπολογισμό μίας πλήρους διαδρομής (βάση – πλοίο – βάση), αυτή θα δίνεται από τον τύπο:

$$t_{route} = \frac{D_{ship}}{U_{cruise}} + \frac{D_{ship}}{U_{max}} + t_{procedure}$$

όπου **U max**= μέγιστη ταχύτητα πτήσης του CUAV (άδειο) και **t procedure**= ο έξτρα χρόνος που απαιτείται για την Π/Γ - Α/Γ και την πρόσδεση/ απόθεση του φορτίου. Η διαφορά μεταξύ της διαδρομής «βάση-πλοίο» και της επιστροφής, είναι ότι το CUAV στην επιστροφή θα έχει άλλη ταχύτητα λόγω απουσίας φορτίου, άρα θα επιστρέφει γρηγορότερα.

Στην περίπτωση του βαρύτερου συνολικού φορτίου και της απαίτησης πολλαπλών διαδρομών που αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα (διαίρεση φορτίου σε μικρότερα κομμάτια), το πλήθος των απαιτούμενων διαδρομών θα δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Πλήθος διαδρομών (N) routes} = \frac{W_{total} \text{ (συνολικό βάρος)}}{\max UAVload \text{ (ωφέλιμο φορτίο UAV)}}$$

(εάν το αποτέλεσμα είναι δεκαδικό, θα στρογγυλοποιείται προς την επόμενη μεγαλύτερη ακέραια μονάδα, πχ αν N routes=1,2 τότε N routes=2)

Ως εκ τούτου, ο συνολικός απαιτούμενος χρόνος υλοποίησης της μεταφοράς των υλικών στο πλοίο **με ένα CUAV**, υποθετικά θα μπορούσε να είναι το γινόμενο των απαιτούμενων διαδρομών (N routes) επί του χρόνου “t route”. Στην πραγματικότητα όμως, αυτή η συνθήκη δεν ισχύει απόλυτα, καθώς κάθε σύστημα

UAV χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένη αυτονομία, μετά τη λήξη της οποίας απαιτείται επαναφόρτιση των μπαταριών του.

Βάσει αυτού του χαρακτηριστικού, μπορούμε να αναφερθούμε στο ποσοστό διαθεσιμότητας ενός UAV σε σχέση με τον συνολικό χρόνο:

$$UAV \text{ Availability } (\%) = \frac{t \text{ αυτονομίας}}{t \text{ αυτονομίας} + t \text{ επαναφόρτισης}} * 100\%$$

Από τα ανωτέρω στοιχεία καταλήγουμε σε δύο διακριτές συνθήκες, για τον υπολογισμό του συνολικού χρόνου μεταφοράς του φορτίου:

A) Εάν $N * t_{\text{route}} < t_{\text{αυτονομίας}}$

Αυτό σημαίνει ότι το CUAV προλαβαίνει να εκτελέσει όλες τις διαδρομές για τη μεταφορά του φορτίου, εντός του χρόνου αυτονομίας του. Σε αυτή την περίπτωση, ο συνολικός χρόνος μεταφοράς υπολογίζεται όντως από το γινόμενο $N * t_{\text{route}}$.

B) Εάν όμως $N * t_{\text{route}} > t_{\text{αυτονομίας}}$

Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η μεταφορά όλων των πακέτων δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς να μεσολαβήσει τουλάχιστον μία φόρτιση των μπαταριών του CUAV. Σε αυτή την περίπτωση, ο συνολικός χρόνος παράδοσης αυξάνεται αισθητά και θα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$T_{\text{total}} = N * t_{\text{route}} + x * t_{\text{επαναφόρτισης}}$$

όπου x = οι απαιτούμενες φορές επαναφόρτισης της μπαταρίας.

Εάν, παρόλα αυτά, υφίσταται η δυνατότητα αντικατάστασης της μπαταρίας (αντί για την επαναφόρτισή της), τότε στον ανωτέρω τύπο αντικαθιστούμε τον “ $t_{\text{επαναφόρτισης}}$ ” με τον “ $t_{\text{αντικατάστασης}}$ ” ο οποίος θα είναι αρκετά μικρότερος. Ενδεικτικά, αναφέρουμε τους αντίστοιχους χρόνους του CUAV “Volodrone”, στο οποίο ο “ $t_{\text{επαναφόρτισης}}$ ” είναι 90min, ενώ ο “ $t_{\text{αντικατάστασης}}$ ” είναι μόλις 5min.

Φυσικά, σε αυτή την περίπτωση, αν και κερδίζουμε στον συνολικό χρόνο παράδοσης, θα πρέπει να διαθέτουμε τον κατάλληλο αριθμό των επιπλέον μπαταριών που χρειάζονται για τις αντικαταστάσεις. Όπως γίνεται αντιληπτό, κάθε δυνατή λύση προσφέρει αντίστοιχα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, έχοντας ως γενικό κανόνα ότι το επιθυμητό κέρδος σε χρόνο εξυπηρέτησης, θα προκαλεί αυτόματα ανάλογη αύξηση στο κόστος λειτουργίας και υποστήριξης των CUAVs.

7.8 Σενάριο μεταφοράς μεγάλου φορτίου σε επιμέρους πακέτα (εφοδιασμός πλοίου με προμήθειες)

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μεταφοράς πολύ μεγάλου φορτίου, το οποίο ξεπερνά κατά πολύ το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο του “Volodrone”, είναι η παράδοση των τακτικών προμηθειών ανεφοδιασμού σε ένα πλοίο. Ο τυπικός ανεφοδιασμός ενός πλοίου, σχετίζεται, όπως είναι φυσικό, με το μέγεθος και τον αριθμό του πληρώματός του, καθώς επίσης και με την επιθυμητή διάρκεια των αποθεμάτων.

Για τις ανάγκες της εργασίας, χρησιμοποιήθηκε ως σημείο αναφοράς ένα πλοίο μεταφοράς ξηρού χύδην φορτίου. Χρησιμοποιώντας πληροφορίες που ελήφθησαν από προφορικές συνεντεύξεις με προσωπικό ναυτιλιακών και προμηθευτικών εταιρειών που συμμετείχαν στην έρευνα, καταλήξαμε στα ενδεικτικά στοιχεία του ακόλουθου πίνακα, για το πλοίο αναφοράς:

Πίνακας 18: Πλοίο αναφοράς υποθετικής περίπτωσης

Πλοίο Αναφοράς	Κατηγορία	Dry-Bulk Carrier
	Μέγεθος	Panamax
	Ωφέλιμο φορτίο	80.000dWt
	Αριθμός πληρώματος	18-20 persons
	Διάρκεια επάρκειας προμηθειών	90 ημέρες (3 μήνες)
	Συνολική ποσότητα	7 τόνοι

Για τον υπολογισμό των χρόνων, θα εφαρμόσουμε τους τύπους που υπολογίσαμε σε προηγούμενη ενότητα, εισάγοντας τα αντίστοιχα στοιχεία από τον πίνακα των τεχνικών χαρακτηριστικών του συστήματος:

$$\text{Απαιτούμενες διαδρομές (N routes)} = \underline{\underline{35}} \text{ (7.000kg/200kg)}$$

Για την μικρή απόσταση των 5 km μεταξύ πλοίου – βάσης, ο χρόνος μίας διαδρομής (με $U_{cruise}=80$ km/h & $U_{max}=110$ km/h) θα είναι:

$$\underline{\mathbf{t_{route}= 7 \text{ min}}}$$
 (προσεγγιστικά μαζί με $t_{procedure}$)

Το γινόμενο των $\mathbf{N \text{ routes} * t_{route} = 245 \text{ min}}$ ξεπερνά κατά πολύ τον χρόνο αυτονομίας του CUAV (30min), το οποίο σημαίνει ότι θα πρέπει να συνυπολογίσουμε τις απαιτούμενες ενδιάμεσες φορτίσεις των μπαταριών.

Η διαθεσιμότητα του CUAV είναι 25% στον συνολικό χρόνο, αφού για κάθε 30 min πτήσης, απαιτούνται 90 min επαναφόρτισης (μέσα σε 2 h, το CUAV μπορεί να πετάξει μόνο 30 min)

- A) Με ενδιάμεσες φορτίσεις, ο συνολικός χρόνος πλησιάζει τα 1000min (965).
- B) Με αντικαταστάσεις μπαταριών ο συνολικός χρόνος θα κυμαίνεται στα 285min.

Επεκτείνοντας τους υπολογισμούς για τις υπόλοιπες αποστάσεις, έχουμε:

D ship (km)	N routes	Χρόνος πτήσης (min)	Συνολικός χρόνος (με επαναφορτίσεις) (min)	Συνολικός χρόνος (με αντικαταστάσεις) (min)
5	35	245	965	285
10	35	455	1985	540
15	35	700	3760	870
20	35	910	3970	1080

Σε οποιαδήποτε περίπτωση, το εγχείρημα της μεταφοράς του συνολικού όγκου των προμηθειών στο πλοίο με ένα CUAV κρίνεται ασύμφορο από άποψη χρόνου και πόρων. Ακόμη και για την απόσταση των 5 Km, απαιτούνται 35 διαδρομές του συστήματος (συνολικά 350 Km πτήσης) και συνολικά 8 αντικαταστάσεις ή επαναφορτίσεις μπαταρίας. Ο καλύτερος δυνατός χρόνος παράδοσης θα είναι οι 4,75 hrs έχοντας χρησιμοποιήσει 9 μπαταρίες συνολικά.

Εάν μεγαλώσουμε την απόσταση στα 20 km, τα μεγέθη αυξάνονται σε υπερθετικό βαθμό. Το UAV θα πρέπει να διανύσει συνολικά 1400km πτήσης, να αλλάξει 34 φορές μπαταρία και ο καλύτερος δυνατός χρόνος παράδοσης θα είναι οι 18 ώρες.

Μια υποθετική εναλλακτική λύση, θα ήταν να καλύψουμε το χρονικό διάστημα της επαναφόρτισης του CUAV, με την παράλληλη χρήση περισσότερων συστημάτων. Εάν μάλιστα καταφέρναμε να καλύψουμε στο 100% τον χαμένο χρόνο επαναφόρτισης, τότε οι χρόνοι παράδοσης του συνολικού φορτίου θα μειωνόταν εξαιρετικά, καθώς τα συστήματα θα χρησιμοποιούνταν διαδοχικά σε έναν κύκλο εξυπηρέτησης, ώστε να μην υφίσταται χρονικό κενό στη διαδικασία εφοδιασμού.

Στην περίπτωση μας, το CUAV έχει αυτονομία 30 min – εμβέλεια 40 Km και διαθεσιμότητα 25%, συνεπώς απαιτούνται άλλα τρία όμοια συστήματα για την πλήρη κάλυψη του χρόνου (παράλληλη λειτουργία 4 CUAVs συνολικά).

Για τον ανεφοδιασμό ενός πλοίου στα 5 km από τη βάση, θα είχαμε:

Nroute	1st	2nd	3rd	4th		
1	1					
2	2					
3	3					
4	4					
5	full charge	1				
6		2				
7		3				
8		4				
9	full charge	full charge	1			
10			2			
11			3			
12			4			
13	full charge	full charge	full charge	1		
14				2		
15				3		
16				4		
17	1	full charge	full charge	full charge		
18	2					
19	3					
20	4					
21	full charge	1				
22		2				
23		3				
24		4				
25	full charge	full charge	1			
26			2			
27			3			
28			4			
29	full charge	full charge	full charge	1		
30				2		
31				3		
32				4		
33	1					
34	2					
35	3					

Ενώ για αντίστοιχο εφοδιασμό στα 20 Km απόσταση, θα είχαμε:

Nroute	1st	2nd	3rd	4th
1				
2				
3	full charge			
4		full charge		
5			full charge	
6				full charge
7	full charge			
8		full charge		
9			full charge	
10				full charge
11	full charge			
12		full charge		
13			full charge	
14				full charge
15	full charge			
16		full charge		
17			full charge	
18				full charge
19	full charge			
20		full charge		
21			full charge	
22				full charge
23	full charge			
24		full charge		
25			full charge	
26				full charge
27	full charge			
28		full charge		
29			full charge	
30				full charge
31	full charge			
32		full charge		
33			full charge	
34				
35				

Οι αντίστοιχοι χρόνοι μεταφοράς θα εξισωθούν με τους καθαρούς χρόνους πτήσης, λόγω της πλήρους εκμετάλλευσης του διαθέσιμου χρόνου.

D ship (km)	N routes	Χρόνος πτήσης (min)	Συνολικός χρόνος (με επαναφορτίσεις) (min)
5	35	245	245
10	35	455	455
15	35	700	700
20	35	910	910

Στην προκειμένη περίπτωση, για τη μεταφορά των προμηθειών στα 5 km από τη βάση, τα 4 CUAVs θα χρειαζόντουσαν περίπου 4 hrs για τη μεταφορά, με 5 πλήρεις φορτίσεις μπαταριών. Για τη μεταφορά στα 20 Km, θα χρειαζόντουσαν 15 hrs και 31 φορτίσεις μπαταριών

Η χρήση ακόμη περισσότερων CUAVs για την επίτευξη της μεταφοράς του συνόλου των προμηθειών στο πλοίο, θα επέτρεπε ακόμη καλύτερους χρόνους,

καθώς κάποια τα συστήματα θα μπορούσαν να παραδίδουν διαδοχικά τα φορτία τους στο πλοίο, εκμεταλλευόμενα τον χρόνο που χρειάζονται τα υπόλοιπα για να φορτίσουν κοκ. Το πρόβλημα θα ήταν η αναπόφευκτη αύξηση του συνολικού κόστους για την επίτευξη του εφοδιασμού και η δέσμευση πολλών συστημάτων, για την εκτέλεση μίας μόνο αποστολής.

Ως γενικότερο συμπέρασμα, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι για φορτία τα οποία υπερβαίνουν κατά πολύ το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο των συστημάτων, καμία από τις εναλλακτικές προσεγγίσεις της μεταφοράς με CUAVs δεν είναι σε θέση να ανταγωνιστεί τη συμβατική μεταφορά με τα μικρά πλωτά μέσα (λάντζες), τα οποία έχουν εξαιρετικά μικρό κόστος υπηρεσίας και ο απαιτούμενος χρόνος εξυπηρέτησης είναι αποδεκτός από τα πλοία.

8. Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Bateman J. (2017) "China drone maker DJI: Alone atop the unmanned skies", News Ledge

Brandt A.G. (2016) "UAV control over mobile networks", Technical University of Denmark. Department of Photonics Engineering

Barmounakis E., Vlahogianni E., Golias J. (2017) "Unmanned Aerial Aircraft Systems for the transportation engineering: Current practice and future challenges", International Journal of transportation science and technology

Wang B.H., Wang D.B., Zain A.A., Ting B.T., Wang H., (2019) "AN overview of various kinds of wind effects on unmanned aerial vehicle", SAGE.

Brynhildosvoll I. and Abrahamsen Th. (2002) "Prinsipper for bedre innkjop. Fagbokforlaget", Bergen. (Translation from Norwegian textbook).

Finn U. E., Rachel L., Wright D. (2012) "Unmanned Aircraft Systems: Surveillance, Ethics and Privacy in Civil Applications," Computer Law & Security Review 28

Floreano D., Wood R.J. (2015) "Science, technology and the future of small autonomous drones", Nature Research Journals

Haidari L., Brown S., Ferguson M., Bancroft E., Spiker M., Wilcox A., Ampikapathi R., Sampath V., Connor D., Lee B. (2016) "The economic and operational value of using drones to transport vaccines"

Hutchins G. (1992) "Purchasing Strategies for Total Quality". Portland: The Business One Irwin/APICS.

ICAO (2011) Circular 328 AN/190: "Unmanned Aircraft Systems"

Jenkins D. et al (2017) "Forecast of the Commercial UAS Package Delivery Market

Lysons K. (1996) "Purchasing", Pitman Publishing, UK

Malone P., Apgar H., Stukes S., Sterk S. (2013) "Unmanned Aerial Vehicles Unique Cost Estimating Requirements", IEEE

Mandal A. and Deshmukh S.G. (1994) “Vendor Selection using ISM”, International J. Operations & Production Management

Nydick and Hill (1992) “Using the Analytic Hierarchy Process to Structure the Supplier Selection Procedure”, International Journal of Purchasing and Materials Management

Rao B., Gopi A., Maione R. (2016) “The social impact of commercial drones. Technology in Society”

Tavana M., Khalini-Damghani K., Santos-Arteada F., Zandi M. (2017) “Drone shipping versus truck delivery in a cross-docking system with multiple fleets and products, Expert systems with applications”

US Department of Defense, (2011) "Unmanned Aircraft System Airspace Integration Plan", USA

Valavanis K., Vachtsevanos G. (2014) “Handbook of Unmanned Aerial Vehicles” Springer Publishing

Zhang Z., Lei J., Cao N., To K., Kengpo N. (2003) “Evolution of Supplier Selection Criteria and Methods”. School of Economic and Management, Tsinghua University, Beijing.

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

Αποσπότης Π. (2020) «Το βιβλίο των Drones», Εκδόσεις Παπαζήση

Θεοτοκάς Ι. (2014) «Οργάνωση και Διοίκηση Ναυτιλιακών Επιχειρήσεων», Εκδόσεις Αλεξάνδρεια

Λιαδίκτυο

www.avant-garde.com.cy

www.commercialuavnews.com

www.cnbc.com

www.dagr.hcaa.gr

www.dezeen.com

www.dpdhl.com

www.dronerush.com

www.ecfr.gov
www.emsa.europa.eu
www.e-nautilia.gr
www.evtol.news
www.grandviewresearch.com
www.griffaviation.com
www.icao.int
www.marinestoresguide.com
www.marketsandmarkets.com
www.mapsportal.ypen.gr
www.merkan.gr
www.naftikachronika.gr
www.nifc.com
www.poseidonms.com
www.pressroom.ups.com
www.rolandberger.com
www.sabrewingaircraft.com
www.safetyatsea.net
www.shipsupply.org
www.ship-technology.com
www.suasnews.com
www.statista.com
www.thetotalbusiness.com
www.transmetrics.eu
www.4mydrone.com

