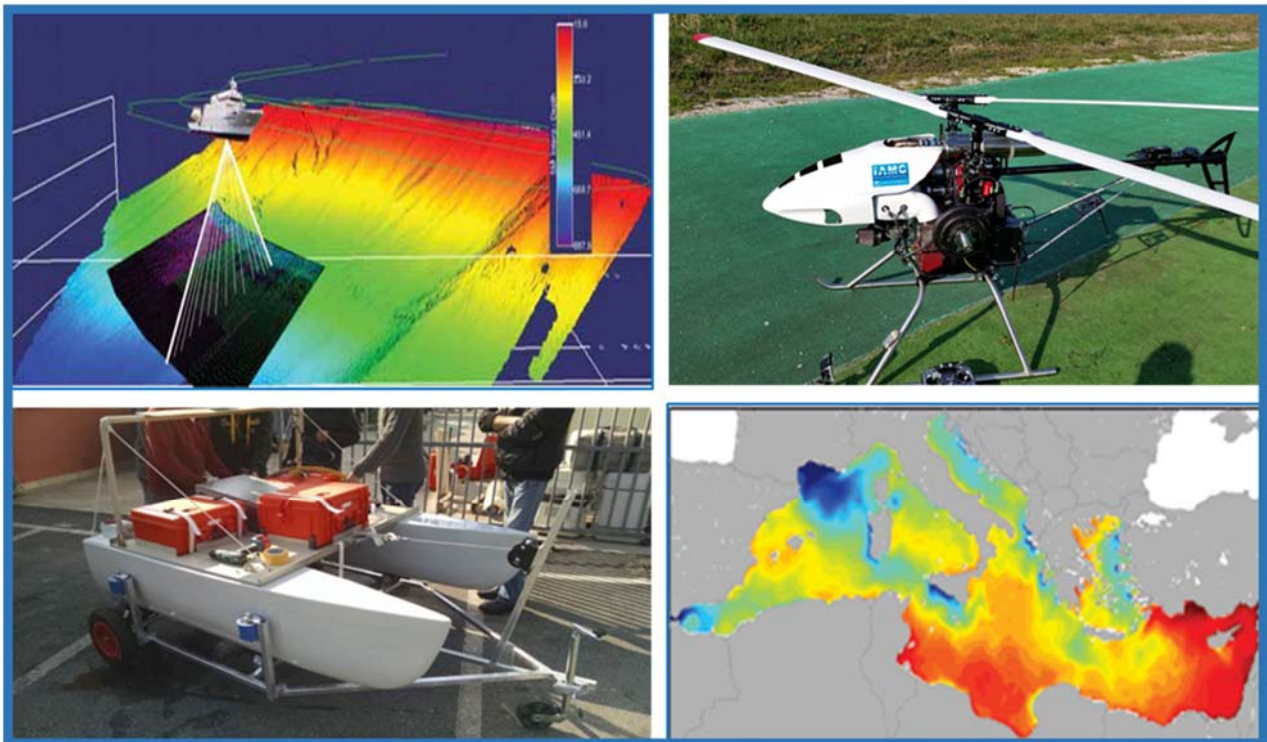


RAPPORTO TECNICO

Prototipi di sistemi semi-autonomi a pilotaggio remoto per il monitoraggio ambientale in aree marino-costiere

Ennio Marsella¹, Laura Giordano¹, Lorenza Evangelista¹, Antonio Iengo¹, Rosanna Ferraro¹
Alessandro Di Filippo¹, Aniello Coppola¹

¹IAMC - CNR (Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, Napoli)



LUGLIO 2015

1. Introduzione	2
2. Sistemi autonomi e semi-autonomi a pilotaggio remoto: stato dell'arte	4
3. Prototipo di Unmanned Aerial Vehicle (UAV).....	8
3.1 Ingegnerizzazione del Payload	9
4. Prototipo di Unmanned Surface Marine Vehicle (UMV).....	14
4.1 Ingegnerizzazione del Payload	15
5. Ground Control Station	19
5.1 Scelta del Data Link fisico	22
6. Conclusioni	23
Appendice.....	24
Riferimenti.....	32

1. Introduzione

Il presente rapporto sintetizza il progetto e lo sviluppo di nuove tecnologie, finalizzate alla realizzazione di un Sistema Integrato di prototipi di veicoli semi-autonomi (Unmanned Vehicles, UVs, ovvero droni) per il rilevamento e il monitoraggio avanzato di parametri geofisici ed ambientali in aree marino-costiere.

Tale sistema è stato sviluppato presso l'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IAMC-CNR), nell'ambito di due progetti PON (Programma Operativo Nazionale 2007-2013): "Piattaforma tecnologica avanzata per rilievi di parametri geofisici ed ambientali in mare (PON01_02812 PITAM)" e "Sistemi e Tecnologie Integrate per il rilevamento e monitoraggio avanzato di parametri geofisici ed ambientali in aree marino-costiere (PON01_02848 STIGEAC)".

L'aspetto innovativo di tale sistema risiede nello sviluppo di una architettura tecnologica, che integra un Unmanned Aerial Vehicle (UAV) e due Unmanned Surface Marine Vehicles (UMV) (drone aereo e drone marino rispettivamente). Tali prototipi si inseriscono in una piattaforma tecnologica più ampia e *multi-purpore* per indagini ed attività di monitoraggio lungo costa, che comprende anche un *jack-up barge* (piattaforma autosollevante) ed una *fast cargo vessel* (Figura 1.1). Questi ultimi non saranno oggetto di discussione nel presente rapporto tecnico.

Nell'ambito dei due progetti, sono state realizzate le seguenti attività:

1. Ingegnerizzazione e customizzazione di un prototipo di drone aereo con payload massimo di 26kg;
2. Progetto, ingegnerizzazione e realizzazione di due prototipi di droni marini;
3. Modellazione, sviluppo ed integrazione di una architettura hardware/software per la gestione ed il controllo della sensoristica scientifica impiegata sui droni e per il governo degli stessi (pianificazione di missione).

Molte delle attività di progettazione e sviluppo hanno riguardato la modellazione funzionale e relativa ingegnerizzazione, sui droni, dei payload destinati ad accogliere la strumentazione scientifica scelta per le operazioni di rilevamento e monitoraggio ambientale.

Sono stati realizzati, inoltre, sistemi informatici per la gestione complessiva dei droni col fine di renderli di facile utilizzo e di rapido impiego anche da personale non formato. In questo scenario, gli operatori a terra possono pianificare e gestire la missione (sia aerea che marina) assistiti dal software che consente anche il controllo del corretto svolgimento della stessa e la visualizzazione in tempo reale dei dati scientifici acquisiti.

I sistemi informatici di gestione e controllo sono logicamente collocati in una "stazione base" a terra (conosciuta come Ground Control Station - GCS), composta da diversi moduli, sia hardware sia software, che permette quindi il controllo delle manovre e la guida a distanza sia in modalità completamente autonoma (mediante l'indicazione di *waypoint* georeferenziati) sia in modalità semi-autonoma (*governor mode* per il drone aereo) o con l'intervento diretto degli operatori (piloti).

Dopo una breve introduzione sullo stato dell'arte in materia di sistemi UVs (§2), il rapporto illustra nel dettaglio l'ingegnerizzazione di ciascun veicolo per operazioni di monitoraggio ambientale (§3;4) e le principali caratteristiche della GCS (§5).

Per completezza, in appendice saranno richiamati i principali articoli del regolamento ENAC attualmente in vigore per i SAPR (Sistemi Aereomobili a Pilotaggio Remoto).

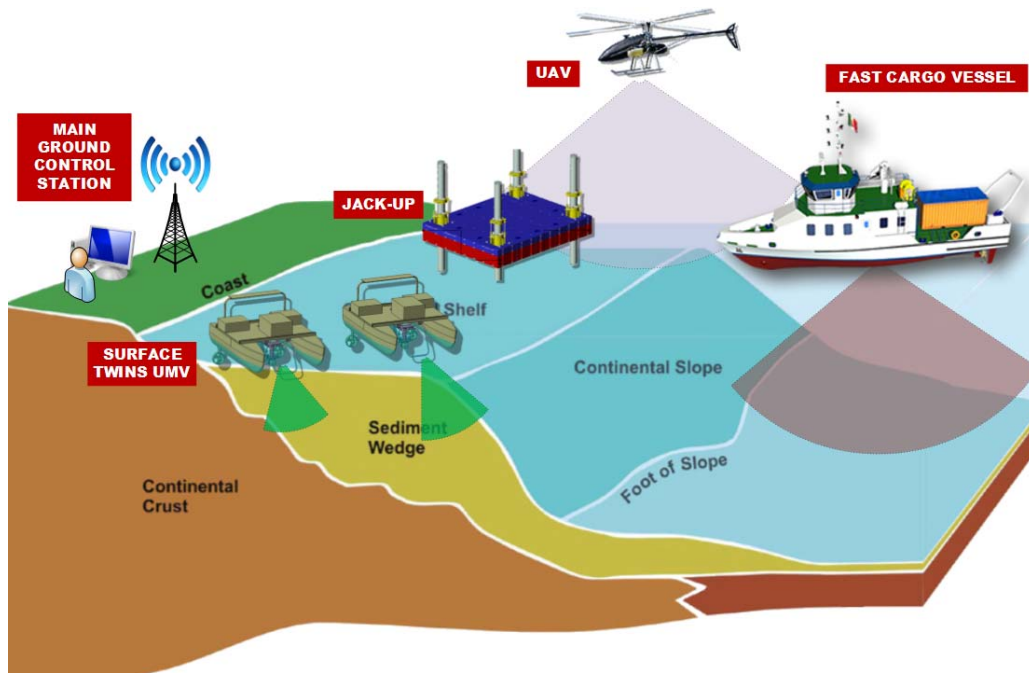


Figura 1.1: Sistema di tecnologie integrate per il rilevamento e il monitoraggio avanzato di parametri geofisici ed ambientali in aree marino-costiere.

2. Sistemi autonomi e semi-autonomi a pilotaggio remoto: stato dell'arte

Dalla ricognizione in tempo di guerra alle operazioni di prevenzione e intervento da catastrofi naturali, gli UVs stanno trovando sempre maggiore diffusione anche in virtù del rapido sviluppo tecnologico e delle soluzioni avanzate che lo accompagnano. L'uso di piattaforme UVs soprattutto nel settore della geomatica, sta rappresentando un notevole passo in avanti in termini di velocità di acquisizioni e di completezza del risultato, fornendo dati accurati e dettagliati. Le applicazioni più richieste, infatti, sono nel settore delle scienze forestali (calcolo di biomasse o monitoraggio), nell'archeologia e nei beni culturali (documentazione e modellazione 3D), nell'agricoltura, geologia ed ambiente (dissesti, volumi di cava, ecc.), nel controllo in ambienti cittadini (dispersioni termiche, potenziale fotovoltaico, manifestazioni, sicurezza), ecc. Inoltre il drone è uno strumento di ispezione utile a fornire, con un supporto visivo, lo stato di siti difficili da ispezionare per collocazione e dimensioni. Ad esempio, esso è in grado di effettuare monitoraggi di siti pericolosi sia per la presenza di sostanze tossiche o per la difficoltà di raggiungimento a causa di avverse condizioni ambientali o per l'asperità del terreno. La procedura di ispezione con drone, quindi, permette di valutare preventivamente le condizioni di pericolosità e nocività ambientali, consentendo un'eventuale intervento delle persone solo in condizioni di sicurezza.

Sebbene nella comunità scientifica il termine drone sia comunemente utilizzato per indicare un qualsivoglia velivolo a pilotaggio remoto, sia esso aereo che marino, il primo antenato del drone va ricercato nel velivolo aereo Aerial Target (1916) controllato tramite onde radio e subito seguito dal aereo Hewitt - Sperry noto come la "bomba volante", comandato attraverso giroscopi.

Con fini prettamente militari, durante la prima guerra mondiale si cercarono nuove soluzioni per affermare i velivoli senza pilota, ma solo nel secondo conflitto mondiale Reginald Denny (attore e appassionato modellista) sviluppò i primi elicotteri radiocontrollati su larga scala. Nel corso della seconda guerra mondiale, negli USA, i droni vennero prodotti in larga scala (circa 15.000 modelli), mentre è nel periodo della guerra fredda che le dimensioni iniziarono a ridursi con l'uso di tecnologie mano a mano sempre più spinte. Durante il conflitto in Vietnam, la tecnologia dei droni divenne sempre più sofisticata, per conoscere uno sviluppo senza pari con il conflitto in Afghanistan.

Attualmente esistono diverse tipologie di droni aerei (denominati anche Aeromobile a Pilotaggio Remoto, APR), classificati in funzione delle dimensioni, peso, motore, carico trasportabile ('payload'), massima distanza percorribile e quota di volo.

L'UVS International (www.uvs-international.org) individua, in funzione dell'impiego, le seguenti categorie:

- **UAV tattici:** velivoli con caratteristiche molto diverse fra loro per massa (1-1000 kg), distanza percorribile (1-500 km), quota (100-5000 m) e autonomia di volo (da un'ora a 2-3 giorni). Le due sottocategorie 'mini-' (<20 kg) e 'micro-UAV' (<2 kg) sono quelle a cui appartengono la grande maggioranza dei velivoli in commercio utilizzati per fini geomatici.
- **UAV strategici:** mezzi utilizzati per missioni nella stratosfera e nella troposfera (fino a 20000 m di quota) in cui la durata del volo può arrivare a 2-4 giorni.
- **UAV per scopi speciali:** mezzi utilizzati per finalità belliche.

Per ciascuna categoria, l'European Association of Unmanned Vehicles Systems (EUROUVS, Associazione Europea degli UAV) fornisce una ulteriore classificazione, riportata in Tabella 1.1.

Tabella 2.1. Classificazione UAV proposta dall'European Association of Unmanned Vehicles Systems

Category name	Mass [kg]	Range [km]	Flight Altitude [m]	Endurance [hours]
Micro	< 5	< 10	250	1
Mini	<25/30/150	< 10	150/250/300	< 2
Close Range	25 –150	10 – 30	3000	2 – 4
Medium Range	50 –250	30 – 70	3000	3 – 6
High Alt. Long Endurance	> 250	> 70	> 3000	> 6

Da un punto di vista puramente meccanico, è possibile distinguere i droni a:

- **Struttura a eliche (multi-rotori):** si caratterizza per la presenza di una o più eliche, solitamente montate su bracci estraibili, che permettono al drone di comportarsi come un elicottero. In tale classe ricadono gli ottocotteri, esacotteri e quadrocotteri. Tali droni possono mantenere ferma la posizione a mezz'aria, effettuare virate repentine, volare in direzione obliqua.
- **Struttura planare:** più simili agli aeroplani che agli elicotteri, questi velivoli hanno al massimo 2 eliche e grandi ali. Servono soprattutto per le lunghe distanze, perché possono sfruttare correnti e flussi d'aria
- **Ibridi:** sistemi non solo pensati per volare, ma anche per muoversi sul terreno grazie alla presenza di due o quattro ruote motrici o cingoli. Allo stesso modo, esistono droni capaci di effettuare piccoli salti, così da superare agilmente scale o altri ostacoli.

In figura 2.1, si riportano alcune immagini dei droni civili attualmente in commercio.



Figura 2.1: Esempi di droni aerei attualmente in commercio

L'interesse per i droni civili è oggi crescente a livello globale. Si stima che vi siano 32 Paesi impegnati in programmi di sviluppo e di perfezionamento della tecnologia, mentre 43 Paesi siano effettivi utilizzatori di velivoli UAV. Uno studio condotto nel 2007 dalla commissione europea (Frost & Sullivan) riporta le

previsioni di sviluppo ed impiego dei droni aerei fino al 2017. Come si può vedere dall'istogramma riportato

in Figura 2.2, in Italia il picco di diffusione degli UAV è previsto proprio nel 2015 ed interessa principalmente i MUAV per fini geomatici.

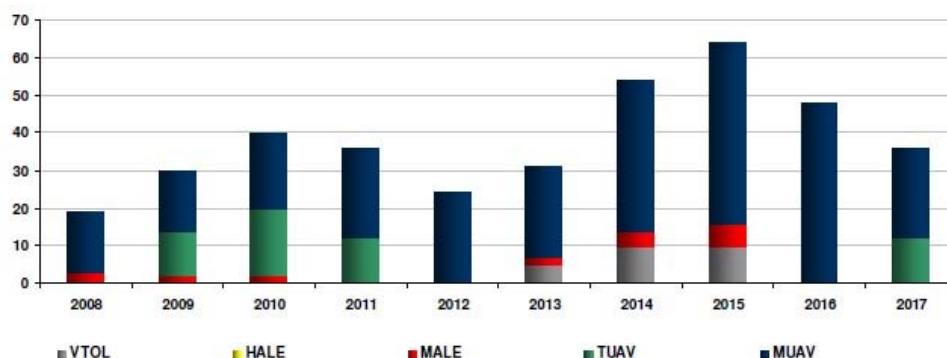


Figura 2.2: Previsioni di sviluppo dei droni aerei in Italia (Frost & Sullivan, 2007)

Sebbene il maggiore sviluppo sia rivolto ai droni aerei, è possibile trovare anche droni concepiti per la navigazione superficiale (UMV o anche detti Unmanned Surface Vessel Vehicle). Uno dei primi droni marini sviluppati è stato ARTEMIS (MIT) (Figura 2.3); lungo circa 1.37m, è munito di un sistema di propulsione formato da due motori elettrici con un timone servo-attuato. Tale drone è stato uno dei primi ad avere un controllo automatico e capacità di navigazione autonoma per punti di riferimento (waypoints), oltre alla possibilità di operare in autonomia per l'acquisizione di dati idrografici.

Seguirono droni a forma di catamarano, per incrementare la stabilità trasversale, per avere più capacità di payload e ridondanza per quanto riguarda la galleggiabilità. Fra questi si annoverano l'AutoCAT, il Delfim sviluppato dell'Istituto Superiore Tecnico (Portogallo) negli anni 1997-2000 nell'ambito del progetto ASIMOV (Advanced System Integration for Managing the coordinated operation of robotic Ocean Vehicles), il ROAZ ed infine l'HydroNET realizzato nell'ambito dell'omonimo progetto Europeo FP7, di lunghezza complessiva pari a 1.9m e la larghezza di 1.1m.

Di recente sviluppo sono invece i droni Swordfish, Messin e Springer. Il drone Swordfish, progettato dall'Istituto Superiore di Ingegneria di Porto, è un catamarano formato da due scafi di polietilene ad alta densità, connessi da due tubi in alluminio. La struttura centrale è fissata ai due tubi e serve per trasportare il payload oltre che tutta l'elettronica, sistemata all'interno di custodie a tenuta stagna resistenti all'acqua, alla sabbia e alla polvere. Il drone Messin è stato sviluppato dall'Università di Rostock; è un catamarano dedicato a trasportare sensori per operazioni di campionamento di tipo oceanografico, idrologico o cartografico. Il veicolo è adatto ad operare in acque molto basse, senza avere effetti distruttivi sull'ambiente marino. Il sistema di navigazione autonoma permette di seguire rotte pre-programmate in maniera efficiente. Per quanto riguarda le caratteristiche tecniche, Messin è un catamarano formato da due scafi in vetroresina di lunghezza 3,3m, larghezza 1.8m e con un pescaggio massimo di 40cm. Lo Springer è stato sviluppato nel 2004 dal gruppo Marine and Industrial Dynamic Analysis (MIDAS) dell'Università di Plymouth per il tracking di agenti inquinanti, per effettuare survey idrogeografiche in fiumi, riserve idriche e acque costiere. Come piattaforma marina, Springer è stato progettato per essere utilizzato anche come test-bed per ricerca in ambito di sistemi di navigazione

intelligente e per il testing di nuove tecnologie per i sensori. La differenza principale con un catamarano è che la parte che garantisce la galleggiabilità del veicolo è praticamente totalmente immersa, ed il veicolo presenta un profilo molto ridotto a livello della linea di galleggiamento. Se da un lato questo design permette di avere una maggiore stabilità ad alte velocità e anche in condizioni di mare agitato, dall'altro lato richiede un sistema di controllo più complesso, un pescaggio e costi di manutenzione più elevati. Il drone è lungo circa 4m, largo 2.3m, e pesa circa 600Kg. Ciascuno scafo è diviso in tre compartimenti stagni. Il sistema di comando, navigazione e controllo è alloggiato dentro custodie a tenuta stagna e fissato nella parte superiore, in modo da facilitarne la rimozione durante le operazioni in porto.



Figura 2.3: Esempi di droni marini in commercio

3. Prototipo di Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

Il prototipo di UAV ingegnerizzato dall'IAMC-CNR è mosso da un motore a due tempi di 19.5 Hp di potenza alimentato a benzina (miscela con olio lubrificante al 2%) che aziona due rotori sincronizzati cui sono applicate le pale. Tali rotori sono costruiti in modo da essere solidali a due alberi divergenti l'uno rispetto all'altro (per evitare interferenza nelle traiettorie). Questa configurazione di tipo "sincrottero" conferisce al drone alta stabilità e ottime capacità di sollevamento.

Le scelte tecniche che hanno portato all'ingegnerizzazione del prototipo basato su questa piattaforma sono motivate da diverse considerazioni, alcune delle quali posso essere sintetizzate in:

- capacità di volo totalmente autonomo dal decollo fino all'atterraggio, con possibilità di intervento da parte dell'operatore in qualsiasi fase della missione;
- elevata stabilità durante il volo a punto fisso (*hovering*) grazie alla caratteristica dell'approccio a "sincrottero" (senza rotore anticoppia di coda);
- capacità di atterrare in sicurezza mediante la manovra di autorotazione, in completa autonomia, in caso di grave avaria (*engine fault*).

In figura 3.1 si riportano alcune immagini del drone, mentre le specifiche tecniche sono sintetizzate in tabella 3.1:

Tabella 3.1: Specifiche tecniche del sincrottero, prototipo dell'IAMC

Dimensioni (L x W x H)	2170x700x980 mm
Diametro MR	2x2800 mm
Peso	37 kg
Capacità carburante	6 Litri (max 20 Litri)
Autonomia con 6 Litri (20 Litri)	50 min (200 min)
Payload con 6 Litri (20 Litri)	26 kg (18 kg)
Velocità massima	80 km/h
Tipo di carburante	Benzina (2% olio lubrificante)
Generatore	200 W
OAT	"-10°C / +35°C"
Max Crosswind	24 Km/h
Area atterraggio	5 x 5
Volo Completamente autonomo	SI

Il sistema permette la gestione della telemetria completa, ovvero il controllo delle coordinate, livello di carburante, energia batterie, altitudine, velocità al suolo, etc.

E' predisposto un sistema di data link con frequenze operative di 400-450 Mhz che permette una distanza teorica di controllo fino a 50 km.



Figura 3.1: Immagini del drone aereo sviluppato dell'IAMC-CNR

3.1 Ingegnerizzazione del Payload

Il payload installato sul drone aereo è finalizzato ad attività di monitoraggio ambientale ed ispezione del territorio. In particolare, lo sviluppo tecnologico nell'ambito della sensoristica, permette di equipaggiare droni aerei con molteplici carichi, nello spettro del visibile (le camere digitali compatte e/o professionali), dell'infrarosso (camere termiche), camere multi spettrali fino ad arrivare a sensori più evoluti come ad esempio sensori Lidar o per il monitoraggio della qualità dell'aria.

I sensori installati sul drone aereo sono, quindi, i seguenti:

- un Laser Scanner con tecnologia LIDAR per l'esecuzione di rilievi topografici ad alta risoluzione;
- un sistema con termo-sensore integrato per rilievi ambientali capace di analizzare le proprietà termiche della superficie terrestre e degli oggetti presenti su di essa;
- un sistema con camera reflex per riprese e scatti aerei.
- un sistema con video camere giroscopiche ad alta risoluzione per acquisire tre differenti punti di vista durante il volo

La scelta dello specifico modello per ogni sensore è stata soggetta ad una verifica della compatibilità meccanica ed elettrica (Figura 3.2).

Per i rilievi topografici il laser scanner RIEGL VUX1-SYS, leggero e compatto, è caratterizzato da una accuratezza e precisione pari a 25mm a 150mt di distanza, una velocità di scansione fino a 200 scansioni/secondo e una velocità di acquisizione fino a 500.000 punti/sec. La quota di volo garantita è di 1000 piedi, mentre il campo di vista fino a 300° consente ogni tipo di acquisizione. La configurazione SYS

prevede la presenza di una IMU Applanix (Inertial Measurement Unit) di una fotocamera NIKON D500 con ottica fissa e mounting frame dedicato e di una Control Unit proprietaria per i collegamenti dei componenti, l'alimentazione e lo storage dei dati acquisiti.

La termocamera scelta è la FLIR A655SC con risoluzione di 640x480 pixel e sensibilità termica < 50 mK, che permette di catturare anche i minimi dettagli e le informazioni sulle più piccole differenze di temperatura. Inoltre, la caratteristica del *windowing* ad alta velocità dell'infrarosso consente di acquisire immagini con frequenze fino a 200Hz.

Infine, il sistema per riprese e scatti aerei è composto da tre videocamere GoPro Hero4 + tre gimbal H3-3D della ZENMUSE e una fotocamera reflex CANON 5D Mark III + gimbal MK HiSight SLR2.



Figura 3.2: Payload drone aereo: (a) laser scanner, (b) termocamera e (c) videocamera.

Le videocamere GoPro Hero4 sono in grado di registrare video in 4K a 30fps e 2.7K a 50fps. E' possibile catturare immagini ad una risoluzione di 12MP, con raffiche da 30 foto al secondo. La modalità time-lapse permette di scattare fotogrammi continui ad una costante di scatto ogni 0.5, 1, 2, 5, 10, 30 o 60 secondi.

La CANON 5D Mark III è una fotocamera reflex con messa a fuoco automatica a 61 punti e scatti continui a 6 fps. Il sensore a pieno formato è da 22,3 megapixel, video Full HD, modalità HDR per un peso di circa 0.95 Kg.

Il prototipo UAV risulta particolarmente versatile dal punto di vista di impiego operativo: il payload, l'elettronica di controllo e le batterie possono essere installate secondo due configurazioni, in ragione della tipologia di missione da compiere.

- **Configurazione 1:** Riegl Vux Sys (composto da: Lidar Vux-1; Control Unit; Imu, Fotocamera Nikon D800); Numero 2 GoPro Hero 4 e fotocamera CANON 5D MARKIII (Figura 3.3,3.4)

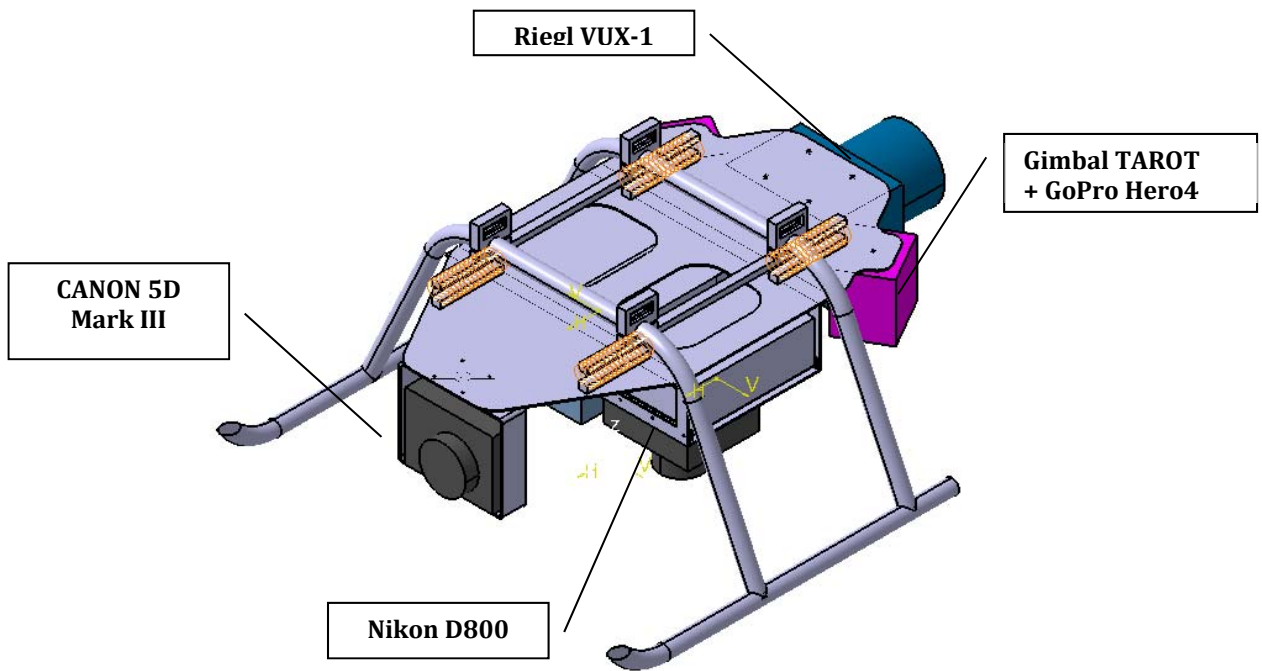


Figura 3.3: Layout configurazione 1 vista ISO

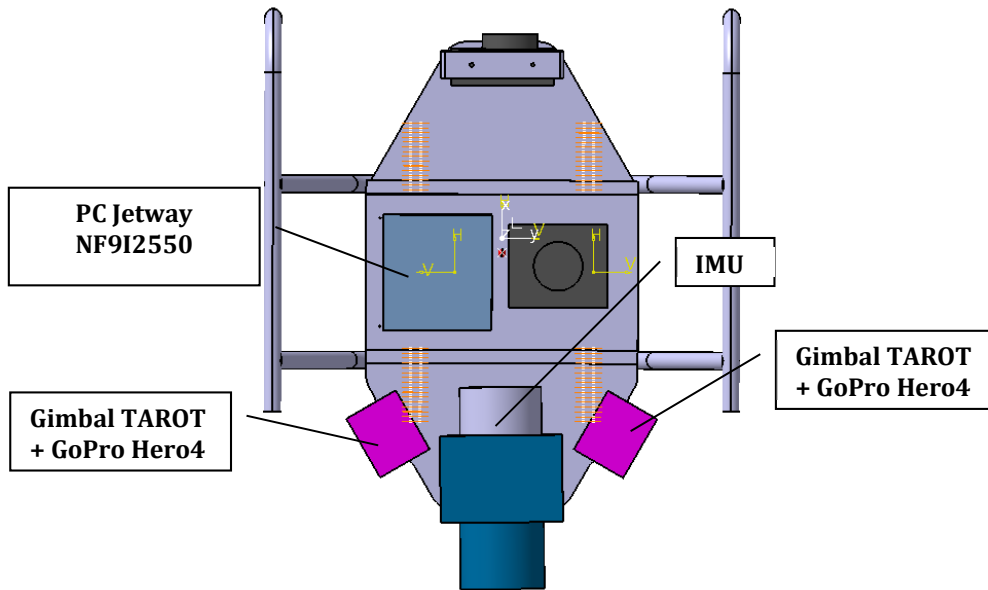


Figura 3.4 Layout configurazione 1 vista sotto

- **Configurazione 2:** Riegl Vux Sys (composto da Lidar Vux-1; Control Unit; Imu ; Fotocamera Nikon D800); Numero 3 GoPro Hero 4; Termocamera Flir A655sc (Figura 3.5)

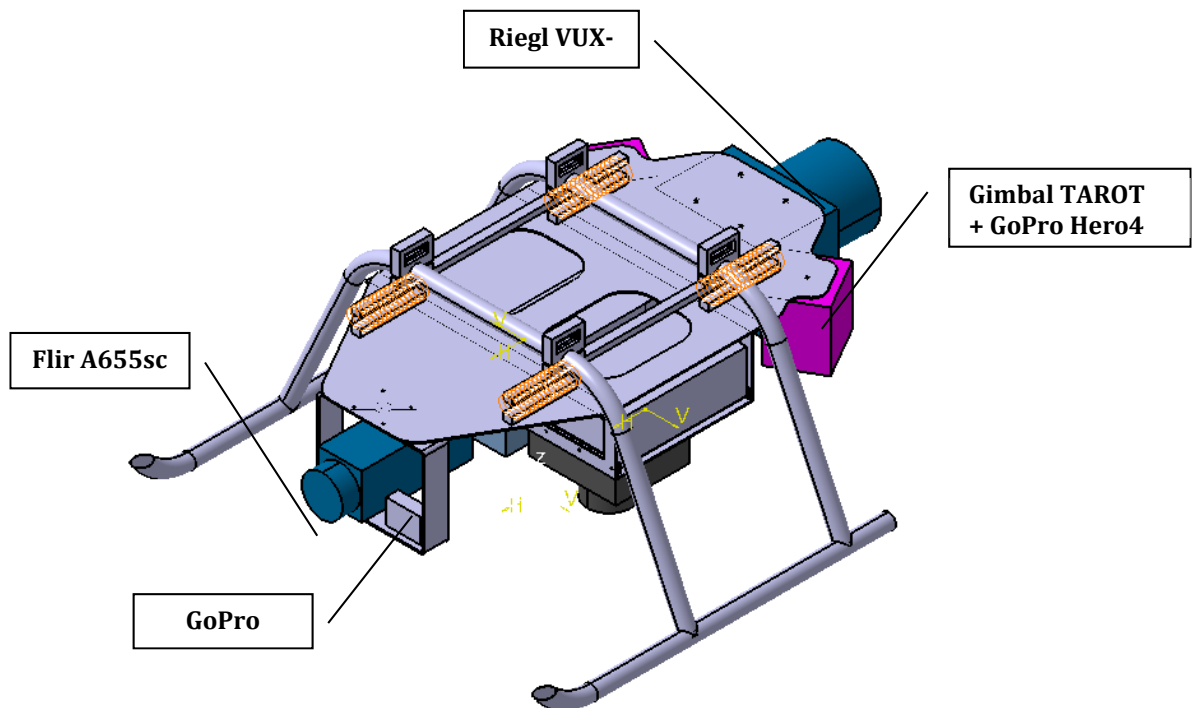


Figura 3.5: Layout configurazione 2 vista ISO

Stante la sensoristica installata sull'UAV, i principali campi di applicazione possono essere il monitoraggio ambientale, il telerilevamento, la fotogrammetria, la pubblica sicurezza, nonché la gestione di emergenze. Nell'ambito della pubblica sicurezza e della gestione di emergenze si pensa di far ricorso a sistemi più sofisticati che permettono, in tempo reale, di prendere delle decisioni grazie alle immagini o ai video che vengono trasmessi ad un centro di gestione operativo (Control Room).

Per quanto riguarda, invece, il monitoraggio ambientale, telerilevamento e fotogrammetria, si è pensato di installare più sensori contemporaneamente che permettono di rilevare ad esempio le concentrazioni di sostanze nocive, ma allo stesso tempo di catturare immagini a lunghezza d'onda differenti (RGB, IR e termico). Esempi particolari in questi ultimi ambiti possono essere la determinazione della biomassa di un bosco, la valutazione della crescita di una coltura, la misurazione della concentrazione di sostanze inquinanti, il monitoraggio di vulcani, la creazione di modelli 3D per rilievi archeologici ed eventuale produzione cartografica, ma anche l'aggiornamento mappe catastali ed infine il monitoraggio di abusi edilizi.

In figura 3.6 è riportata una previsione della segmentazione del mercato dei droni nel mondo (Frost e Sullivan)

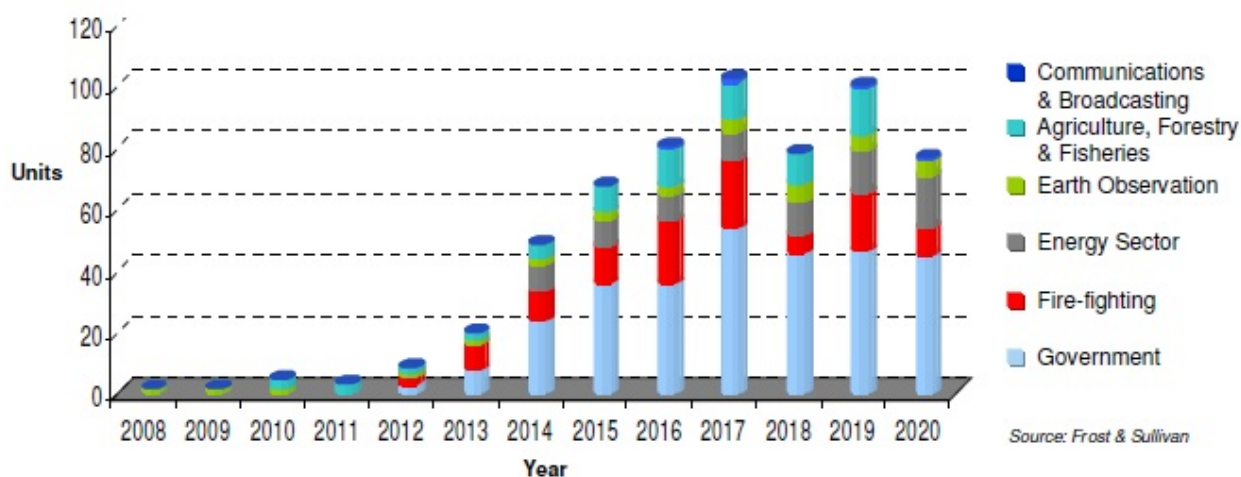


Figura 3.6: Previsione applicazioni UAV 2008-2020 nel mondo ed applicazioni tecniche

4. Prototipo di Unmanned Surface Marine Vehicle (UMV)

Lo sviluppo del prototipo di UMV ha riguardato sia le attività di progettazione che quelle di ingegnerizzazione.

La progettazione dello scafo, in particolare, è stata guidata dall'esigenza di ottenere un UMV dalle dimensioni contenute che ne permettesse l'impiego anche in mancanza di specifiche strutture di supporto logistico a terra. La configurazione a catamarano e le dimensioni ottenute sono il risultato delle scelte operate sulla base delle caratteristiche del payload, con particolare riguardo alla distribuzione e al peso dello stesso. I calcoli e le elaborazioni, tenuto conto quindi delle problematiche relative alla galleggiabilità, stabilità, resistenza al moto e manovrabilità, hanno condotto alla determinazione del payload utente pari a circa 35 kg.

Dall'analisi dello stato dell'arte (§2), sono stati individuati i seguenti elementi utili ai fini della progettazione dell'UMV nel suo complesso:

1. **Quasi tutti gli UMV sono sprovvisti di timone**, utilizzando invece una coppia di propulsori con azione di tipo azimutale, ovvero con le eliche che forniscono la spinta propulsiva modulabile sul piano orizzontale. Ogni gruppo propulsivo è montato sul singolo scafo ed è controllabile in maniera autonoma. Questa sistemazione aumenta in particolar modo le capacità di manovra a bassa velocità dell'UMV e allo stesso tempo consente di evitare l'installazione dei timoni e dei relativi meccanismi per il comando di essi, riducendo così le parti mobili soggette ad usura.
2. **La maggior parte degli UMV impiega i motori elettrici** accoppiati direttamente ai propulsori azimutali, eliminando i problemi connessi all'uso degli assi che attraversano gli scafi per collegare il singolo motore all'elica.
3. **La maggior parte degli UMV è equipaggiata con motori dotati al loro interno dell'opportuna elettronica di potenza e housing protettivo**. Il collegamento con l'elettronica di controllo avviene così mediante un solo cavo.
4. **L'elettronica di controllo può essere collocata all'interno dei due scafi oppure essere contenuta in apposite custodie stagne**, a loro volta fissate all'esterno degli scafi sul ponte del catamarano. La scelta più idonea risulta essere quella di utilizzare appositi contenitori stagni, resistenti all'acqua, alla sabbia e alla polvere. Questa scelta, effettuata anche da ROAZ II, Sword_sh, MESSIN e Springer ha diversi vantaggi:
 - L'elettronica risulta alloggiata sul ponte del UMV all'interno delle custodie stagne e perciò agevolmente raggiungibile per le operazioni di manutenzione.
 - Le custodie stagne possono essere facilmente rimosse dal ponte durante il trasporto del catamarano.
 - Non è necessario creare alloggiamenti stagni all'interno degli scafi accessibili dall'esterno.

A valle di quanto descritto, si è deciso di dotare l'UMV di due gruppi propulsivi – detti anche *thruster* – direttamente collegati ciascuno ai motori elettrici, allocati uno per scafo, e di non prevedere i timoni tradizionali. In questo modo è possibile effettuare le virate sfruttando il controllo differenziale dei due motori, consentendo ampia libertà di manovra all'UMV. Questo tipo di governo consente all'UMV di operare manovre di rotazione con un raggio di curvatura molto ridotto. La soluzione elimina inoltre la necessità di provvedere, attraverso l'installazione di altri componenti, all'attuazione del movimento delle

parti mobili - i timoni - con vantaggi in termini di peso finale e di affidabilità nel tempo, avendo ridotto al minimo le parti in movimento. L'elettronica di controllo è contenuta all'interno di custodie stagne, con elevate caratteristiche di robustezza e resistenti all'acqua, alla sabbia e alla polvere. La tabella 4.1 elenca le principali caratteristiche dell'UMV (Figura 4.1).

Tabella 4.1: Caratteristiche tecniche degli UMV dell'IAMC

Lunghezza	2.00 m
Larghezza	1.50 m
Altezza scafi	0.70 m
Altezza (con rollbar in posizione)	1.20 m
Pescaggio	0.4m @ 120 kg
Massa scafo	35 kg
Massa thrusters	10 kg
Massa box controllo	10 kg
Massa box batterie	30 kg
Massa payload installabile	35 kg
Potenza Motori	2 x 300 W
Spinta Motori in avanti	2 x 13 kgf
Spinta Motori in reverse	2 x 12.8 kgf
Tensione di alimentazione (min-max)	35-55 V
Tensione di alimentazione (nominale)	46.8 V
Capacità	69.6 Ah
Tempo di ricarica	12 ore



Figura 4.1 Immagini del drone marino sviluppato dall'IAMC-CNR

4.1 Ingegnerizzazione del Payload

Nelle applicazioni marino-costiere oltre alla valutazione delle correnti per lo studio della diffusione degli inquinanti, una branca importante è la batimetria, ovvero la misura delle profondità dei fondali marini e della loro morfologia. Rilevare le variazioni batimetriche in prossimità delle aree costiere è di estrema rilevanza nella progettazione di opere di ingegneria marina, ma anche nello studio della geologia marina e per gli studi di carattere ambientale.

Pertanto, i sensori installati sui droni marini sono:

- un sistema di Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) per la misura della velocità della corrente marina;
- un sistema MultiBeam/Side Scan per lo studio geomorfologico del fondale marino;
- un sistema per Microbatimetria 3D per la ricostruzione tridimensionale di strutture sommerse.

Anche per i droni marini così come per il drone aereo, la scelta dello specifico strumento (Figura 4.2) è stata fortemente guidata e caratterizzata dalle prestazioni in termini di potenza assorbita, di peso e di trasmissione dei dati acquisiti.



Figura 4.2: Payload drone marino: (a) ADCP, (b) Multibeam e (c) Microbatimetria 3D.

Il modello di correntometro, scelto per le applicazioni ambientali, è il SONTEK AD500 (Acoustic Doppler Profiler). Il sistema ha elevate prestazioni e, pur essendo semplice da usare, permette di tracciare un profilo tridimensionale della corrente marina ed è molto utilizzato in oceanografia ed idrografia.

Il sistema MultiBeam/Side Scan è il KONGSBERG GeoSwath Plus ROV in grado di eseguire un efficiente rilievo batimetrico e *side scan* simultaneo con accuratezze superiori agli standard IHO per i rilievi idrografici, garantendo la massima efficienza di rilievo in acque basse.

Il sistema è costituito da un doppio trasduttore che consente opzioni versatili di installazione e da un'unità di controllo contenente tutta l'elettronica, unitamente ad un PC ad elevate prestazioni con installato il pacchetto software di gestione del rilievo del GeoSwath Plus. I trasduttori possono essere montati su un telaio di fornitura che può alloggiare dei sensori ausiliari.

Infine, per batimetrie 3D ad elevatissima risoluzione è stato scelto il TELEDYNE Blueview MB2250.

Al fine di ottimizzare il bilanciamento dello scafo e tenendo conto del massimo peso previsto in fase di progettazione dello stesso, sono state definite le seguenti configurazioni di installazione:

- **Configurazione 1:** AD500 Sontek e Blue View MB2250 Teldyne (Figura 4.3)

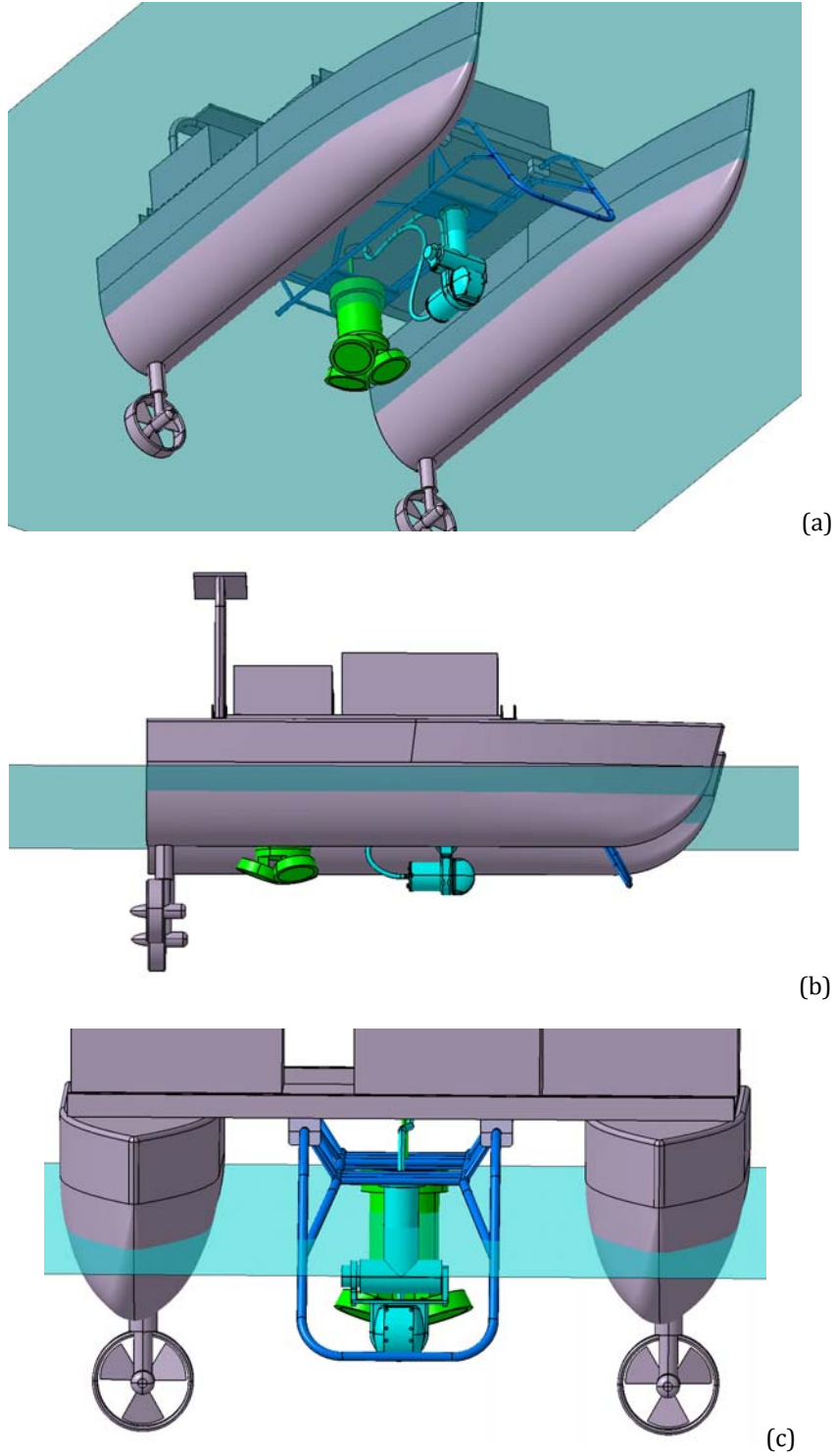


Figura 4.3: Layout Configurazione 1: (a) vista ISO, (b) vista laterale e (c) vista frontale

- **Configurazione 2: GeoSwat Plus ROV (Figura 4.4)**

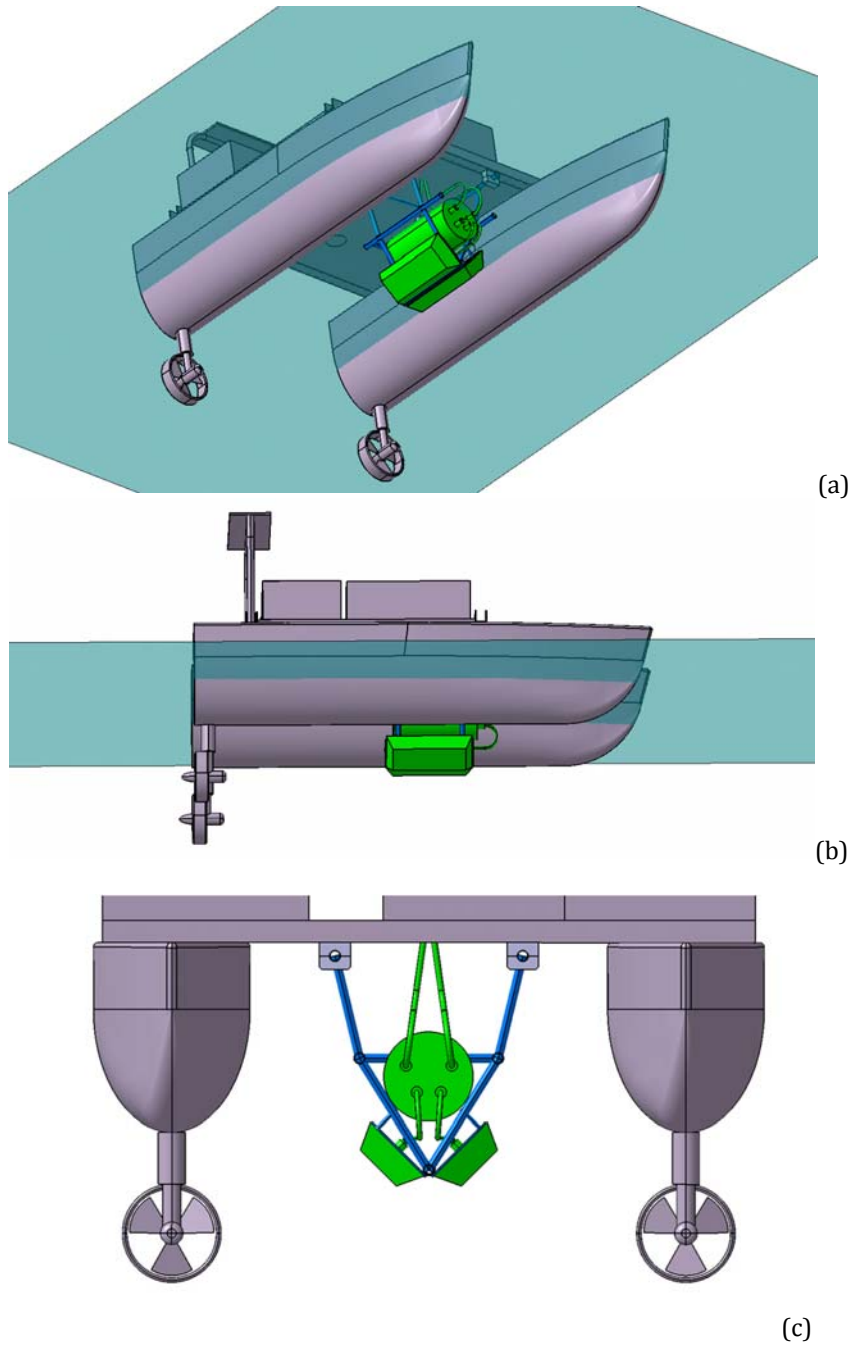


Figura 4.4: Layout Configurazione 1: (a) vista ISO, (b) vista laterale e (c) vista frontale

5. Ground Control Station

L'architettura concettuale della Ground Control Station (GCS) riflette in maniera sostanziale il modello consolidato in letteratura, con l'aggiunta di alcuni aspetti e funzioni proprie dell'innovatività scientifica dei progetti PITAM e STIGEAC. La GCS, quindi, risulta strutturata in aree logiche a cui corrispondono relative aree funzionali che permettono una precisa operatività ed interscambio di informazioni sia nell'ambito dei processi operativi e decisionali propri degli scenari di impiego, sia verso l'esterno garantendo disseminazione scientifica dai dati raccolti sul campo, oltre che per finalità di elaborazione ed inferenza anche per la successiva divulgazione al pubblico.

Ad un livello di astrazione più alto possibile, l'impostazione funzionale del sistema è sostanzialmente semplice: la GCS è definita come hub di dati, dispositivi, funzionalità e comportamenti i cui obiettivi sono sia il controllo di missione sia la raccolta dei dati acquisiti dalla sensoristica installata sui droni.

Nel dettaglio, la GCS è un'architettura hardware e software modulare i cui componenti si integrano ed interagiscono al fine di implementare le seguenti funzionalità:

- pianificazione e controllo del moto con guida a distanza sia in modalità completamente autonoma (mediante l'indicazione di *waypoint* georeferenziati) sia in modalità semi-autonoma (*governor mode* per il drone aereo);
- gestione semi-autonoma del drone aereo attraverso comando remoto (joystick);
- controllo autonomo e semi-autonomo per la gestione dei droni marini;
- supervisione e controllo globale con capacità di visualizzazione, monitoraggio e archiviazione dei dati sensoriali e scientifici acquisiti dalla strumentazione in payload;
- struttura aperta a future integrazioni di sistemi, sensori e/o veicoli addizionali.

I moduli principali della GCS possono essere sintetizzati in:

1. **UVs Control System:** il sistema informatico che permette la gestione e il controllo delle funzionalità vitali e di moto dei droni;
2. **Communication System:** l'insieme di tutti i componenti, hardware e software, deputati al mantenimento e gestione delle comunicazioni tra lo UVs Control System e i droni.

La configurazione del sistema complessivo per la gestione integrata dei sistemi autonomi UAV ed UMV è riportata in figura 5.1.

Al fine di disaccoppiare le specifiche dei veicoli autonomi e la specificità del *data link*, si è scelto di utilizzare un protocollo di comunicazione di "alto livello" per l'invio dei comandi di missione e per la ricezione dei dati di telemetria. E' importante sottolineare che, in conformità alle normative di riferimento applicabili, le operazioni devono avvenire sempre in modalità *Line Of Sight* (LOS) e cioè sempre nella condizione che ogni singolo veicolo sia direttamente visibile dall'operatore.

Le politiche di comunicazione ed interscambio dei dati di governo e navigazione utilizzano un'implementazione del protocollo MAVLink (Micro Aerial Vehicle link), molto diffuso ed affermato nell'ambito dei droni civili.

Oltre al link dati per il controllo della missione e governo dei droni, esiste un secondo *data link* realizzato per permettere la gestione della sensoristica in payload. Tale *data link* è di tipo *connectionless*, utilizzando la trasmissione di datagrammi UDP su link IP. Questo approccio permette di separare e parzializzare il rischio di un connection fault che riguardi allo stesso tempo governo ed acquisizione dati.

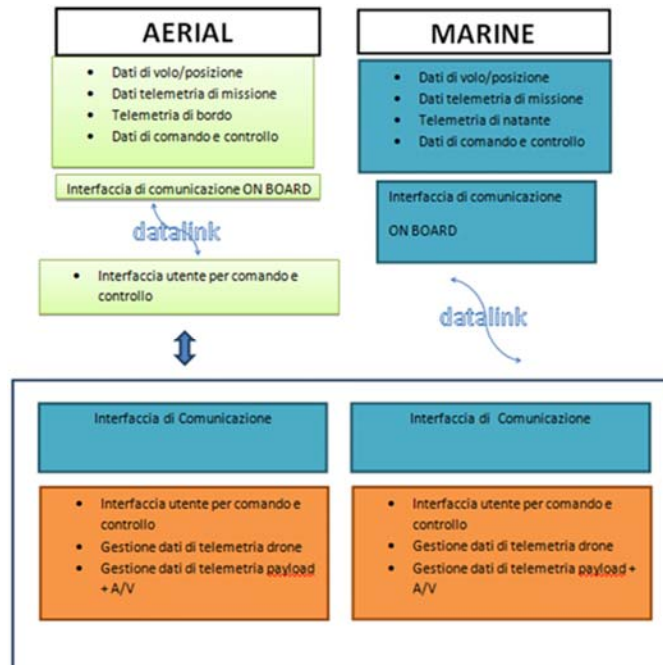


Figura 5.1: Configurazione GCS

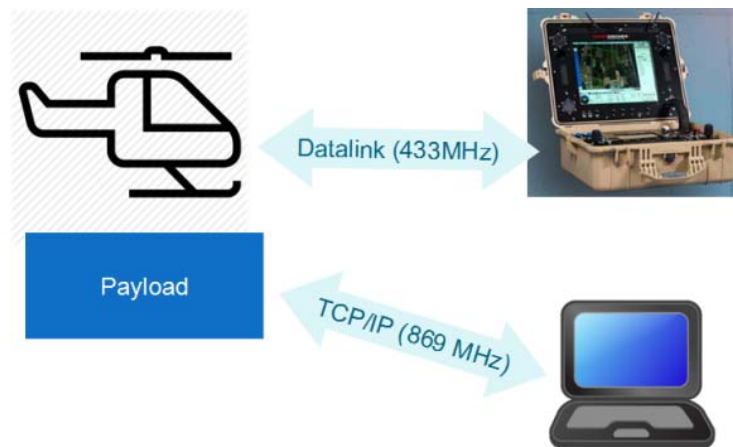


Figura 5.2: Datalink Communication

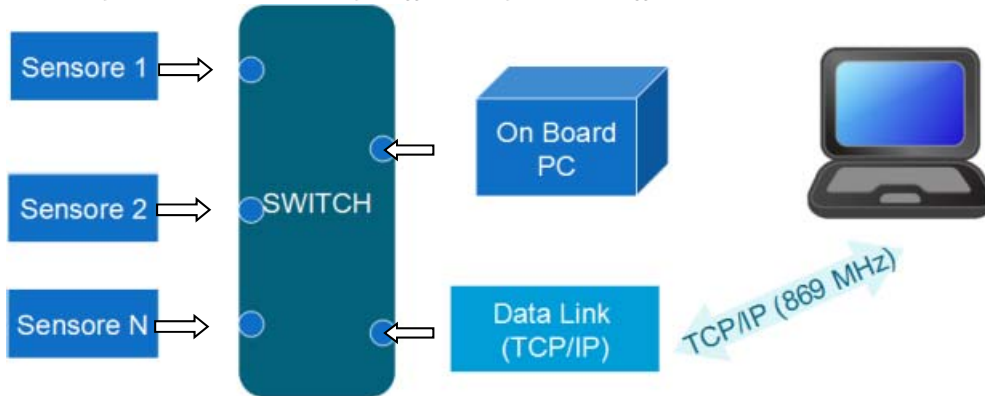


Figura 5.3: Raccolta e Gestione Dati Payload

Avendo individuato **MAVLink** come protocollo di comunicazione e controllo (e scelto il sistema Ardupilot + PX4 per le simulazioni in laboratorio) è stato opportuno utilizzare, in ottica di riuso, un progetto Open Source già disponibile che implementasse tale protocollo.

Per questo è stato scelto il software **Mission Planner** (di cui uno screenshot in Figura 5.3) sviluppato in linguaggio C#, che implementa una serie di funzionalità per il setup del veicolo, il monitoraggio durante la navigazione, l'analisi di file di log e soprattutto possiede una serie di avanzate funzionalità di pianificazione che ben si adattano alle necessità operative di missioni con *waypoint* georeferenziati. L'interfaccia grafica del software è stata personalizzata in accordo alle specifiche di progetto e necessità funzionali.

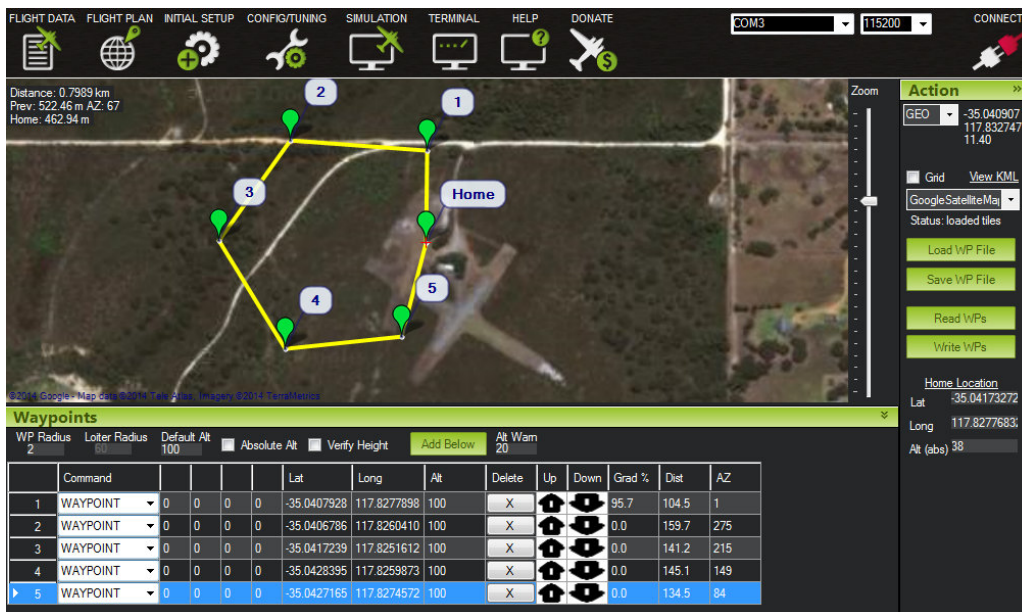


Figura 5.3: Esempio di schermata di Mission Planner (<http://planner.ardupilot.com/>)

La Ground Station possiede un'interfaccia utente attraverso cui l'operatore esegue tutte le attività di configurazione, di autopilotaggio e di guida attiva dei veicoli. Un modulo software è inoltre dedicato alla

configurazione sia degli aspetti di *layout* della stessa interfaccia sia dei parametri di interazione e comunicazione con i veicoli.

Le funzioni di configurazione includono:

- parametri iniziali quali unità di misura ed estetica dell'interfaccia stessa;
- connessione ai veicoli (modalità, velocità di connessione, etc.);
- impostazione del punto di *Home Position*;
- creazione della missione mediante impostazione *point & click* dei *waypoint*;
- creazione della missione mediante importazione di file contenente *waypoint*;
- calibrazione di tutti i sensori utili alla telemetria ed al controllo dei droni.

Tutti i dati della missione e quelli di telemetria devono essere disponibili alla Ground Station sia per motivi di gestione della missione stessa (variazione di parametri) che per i riscontri successivi. In fase di preparazione è necessario configurare quali e quanti dati visualizzare tramite la Ground Station e la modalità di visualizzazione.

Il sistema utilizza mappe quali GoogleMap, Google Earth and OpenStreetView con la possibilità di costruire la missione (attraverso l'indicazione di *waypoint*) e modificarla eventualmente in tempo reale, nonché la possibilità di seguire in tempo reale i movimenti del veicolo rappresentando quindi gli spostamenti ricevuti tramite telemetria.

Per ogni punto della missione è possibile indicare, a corredo delle informazioni di percorso, uno specifico evento (ad esempio fermo temporaneo per n secondi, decollo nel caso del drone aereo, etc.). E' importante sapere che l'ultimo *waypoint* sarà il punto di destinazione: se quindi è necessario che il veicolo ritorni al punto di partenza bisognerà che l'ultimo punto sia espressamente creato nello stesso punto in cui si trova il punto Home o nelle sue vicinanze. Il sistema prevede anche la possibilità di comandare il drone attraverso specifico hardware dedicato in caso di necessità (joystick o radiocomando).

5.1 Scelta del Data Link fisico

Tutti i sistemi di comunicazione sono garantiti attraverso l'utilizzo di datalink commerciali per uso professionale della Microhard, a diversi valori di frequenza (secondo quanto consentito dalla normativa e dal piano nazionale delle frequenze) in relazione all'utilizzo e alla quantità di dati da trasmettere.

Essendo l'attenuazione (path loss) direttamente proporzionale al quadrato della frequenza, risulta opportuno lavorare a frequenze più basse al fine di massimizzare la distanza di trasmissione. Il dispositivo NanoIPn920 fornisce la possibilità di lavorare nella banda 869.4 - 869.65 MHz e, tra le opzioni analizzate, soddisfa maggiormente le esigenze di copertura.

Per il drone aereo si è scelto di utilizzare un NanoIPn920 a 1200 kbps in virtù delle esigenze di massimizzare la distanza di trasmissione. Per i droni marini si è scelto di lavorare intorno ai 2.4 GHz (NanoIPn2420 a 1200 kbps) per evitare interferenze con il datalink del drone aereo (nel caso di utilizzo simultaneo di tutti i veicoli) e garantire comunque una buona copertura.

6. Conclusioni

Nell'ambito dei progetti PITAM (Piattaforma tecnologica avanzata per rilievi di parametri geofisici ed ambientali in mare PON01_02812) e STIGEAC (Sistemi e tecnologie integrate per il rilevamento e monitoraggio avanzato di parametri geofisici ed ambientali in aree marino-costiere PON01_02848), l'Istituto per l'Ambiente Marino e Costiero (IAMC) del Consiglio Nazionale di Ricerche (CNR) ha realizzato sistemi prototipali *multi-purpose* di veicoli semi-autonomi per la ricerca, il monitoraggio e l'acquisizione di *dataset* multidisciplinari con caratteristiche costruttive e funzionali innovative. Tali sistemi sono stati opportunamente progettati ed ingegnerizzati per integrarsi nell'ambito di un sistema di piattaforme galleggianti con caratteristiche innovative per modularità, operatività, funzionalità e trasportabilità. Si tratta di sistemi attualmente disponibili in versione prototipale e tra i primi sul territorio italiano con caratteristiche esplorative specifiche.

I sistemi hardware sviluppati constano di un drone aereo e due droni marini, ingegnerizzati in base ai requisiti del payload necessari per l'esecuzione di missioni in ambienti eterogenei nel settore marino-costiero ed in aree logisticamente complesse. Il drone aereo è un sincroterro con payload di 26 kg, ingegnerizzato con videocamera, termocamera e laser-scanner. Tale sensoristica è rivolta ad attività geomatica rivolta al monitoraggio ed alla tutela del territorio da rischi naturali, quali ad esempio i rischi idrogeologici ed ambientali.

I droni marini, invece, sono due catamarani con payload di 35 kg, ingegnerizzati con correntometro, multibeam e microbatimentria 3D. La sensoristica scelta è finalizzata principalmente a indagini lungo costa e quindi in acque basse.

La finalità complessiva raggiunta è stata quella di creare un sistema integrato per il campionamento, il monitoraggio e l'analisi di parametri ambientali in matrici differenti (acqua-aria-sedimenti) ad elevata capacità d'intervento in ambienti costieri, fluviali e lagunari, comprese le terre emerse di difficile accesso. Tali strumenti risultano, quindi, competitivi per lo svolgimento di attività di ricerca scientifica e tecnologica, per la valorizzazione dei beni culturali a mare, per lo sviluppo dell'attività industriale e per interventi di emergenza legati a crisi ambientali. Attualmente, sono in corso campagne dimostrative della capacità dei sistemi prototipali di operare in simultanea collaborazione, ovvero acquisendo e trasferendo opportunamente i *dataset*, in modo da poterne testare la capacità anche come strumento di supporto alle decisioni in caso di criticità ambientale o emergenza.

Appendice

Normativa per l'utilizzo dei Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto (SAPR)

Il ricorso a velivoli a pilotaggio remoto in ambito civile è sempre più frequente per numerose applicazioni ed è quindi soggetto a specifiche regolamentazioni. Il Regolamento (CE) N. 216/2008 affidò all'Agenzia Europea per la Sicurezza Aerea (EASA) il compito di regolamentare l'utilizzo dei Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto (SAPR) in particolare per applicazioni civili con una massa operativa al decollo fino a 150 Kg.

Per quanto riguarda la regolamentazione italiana, l'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile) ha stilato un documento per l'uso privato dei mezzi a pilotaggio remoto. Ai sensi del Regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio (CE) n. 216/2008, sono di competenza ENAC i SAPR di massa massima al decollo non superiore a 150 kg e tutti quelli progettati o modificati per scopi di ricerca, sperimentazione o scientifici.

Di seguito si riportano alcuni estratti del regolamento ENAC "Mezzi aerei a pilotaggio remoto" Edizione n°1 del 16/12/2013 e successive integrazioni (Disposizione 4/DG del 14 febbraio 2014 - Modifica dell'articolo 26 del Regolamento ENAC "Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto" e Disposizione 8/DG del 16 marzo 2015 - Modifiche al Regolamento ENAC "Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto").

Sezione 1 - Generalità

Art. 1 "Premessa/Introduzione", comma 4

Gli Aeromodelli non sono considerati aeromobili ai fini del loro assoggettamento alle previsioni del Codice della Navigazione e possono essere utilizzati esclusivamente per impiego ricreazionale e sportivo. Pur tuttavia, il presente Regolamento contiene specifiche disposizioni applicabili all'impiego degli aeromodelli a garanzia della sicurezza di cose e persone al suolo e degli altri mezzi aerei.

Art. 2 "Applicabilità", comma 2

Ai sensi del Regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio (CE) n. 216/2008, sono di competenza ENAC i SAPR di massa massima al decollo non superiore a 150 kg e tutti quelli progettati o modificati per scopi di ricerca, sperimentazione o scientifici.

Art. 2 "Applicabilità", comma 3

Non sono altresì assoggettati alle previsioni del presente Regolamento:

- a) i SAPR di Stato di cui agli articoli 744, 746 e 748 del Codice della Navigazione;
- b) i SAPR che hanno caratteristiche di progetto tali per cui il pilota non ha la possibilità di intervenire nel controllo del volo;
- c) i SAPR che svolgono attività in spazio chiuso (spazio indoor);
- d) i SAPR costituiti da palloni utilizzati per osservazioni scientifiche o da palloni frenati.

Art. 6 "Impiego dei SAPR", comma 2

L'impiego dei SAPR è soggetto al possesso di appropriate autorizzazioni rilasciate dall'ENAC all'operatore o alla presentazione da parte dell'operatore di dichiarazione all'ENAC nei termini indicati nelle Sezioni II e III del presente Regolamento.

Art. 7 "Classificazione dei SAPR", comma 1

SAPR, di competenza ENAC, sono classificati in base alla massa massima al decollo del mezzo in:

- a. Sistemi con mezzi aerei di massa massima al decollo minore di 25 kg
- b. Sistemi con mezzi aerei di massa massima al decollo uguale o maggiore di 25 kg.

Sezione III - Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto con mezzi aerei di massa massima al decollo maggiore o uguale a 25 kg

Art. 10 "Aeronavigabilità", comma 2

Il Permesso di Volo può essere rilasciato:

- a. per effettuare la sperimentazione allo scopo di ricerca e sviluppo o di dimostrazione di rispondenza alla base di certificazione nel caso di SAPR per i quali è stato richiesto un certificato di tipo ristretto;
- b. per operazioni specializzate nel caso di SAPR non costruiti in serie e quindi non in possesso di certificazione di tipo ristretto.

Art. 10 “Aeronavigabilità”, comma 4

Per ottenere il Permesso di Volo per l'attività sperimentale di cui al comma 2a, il richiedente deve presentare domanda all'ENAC fornendo la documentazione necessaria per sostanziare la capacità del sistema di svolgere l'attività sperimentale in sicurezza: L'attività sperimentale deve essere condotta in aree non popolate e spazi aerei segregati da piloti in possesso di autorizzazione rilasciata dall'ENAC [.....].

Art. 10 “Aeronavigabilità”, comma 7

Il Permesso di Volo per operazioni specializzate è rilasciato dall'ENAC al termine positivo degli accertamenti necessari a verificare che le operazioni previste possono essere condotte con un livello di sicurezza adeguato [.....].

Art. 16 “Regole dell’Aria”, comma 1

1. L'ammissione allo spazio aereo nazionale è soggetta alla capacità di rispettare le regole dell'aria, nonché gli altri Regolamenti emanati dall'ENAC applicabili agli spazi aerei impegnati.

Art. 16 “Regole dell’Aria”, comma 2

2. Le operazioni in spazio aereo non controllato devono essere condotte in condizioni di VLOS e in accordo alle regole dell'aria applicabili al volume di spazio aereo interessato come di seguito specificato, se non diversamente autorizzato dall'ENAC.

Art. 16 “Regole dell’Aria”, comma 3

Le operazioni sono condotte nel volume di spazio “V70” o “V150” e nell'ambito delle seguenti condizioni:

- a. ad una distanza orizzontale di sicurezza adeguata dalle aree congestionate, non inferiore a 150 m, e ad una distanza di almeno 50 m da persone e cose, che non sono sotto il diretto controllo dell'operatore;
- b. in condizioni di luce diurna;
- c. fuori dalle ATZ e comunque a una distanza di almeno 8 km dal perimetro di un aeroporto, e dai sentieri di avvicinamento/decollo di/da un aeroporto

Sezione IV - Disposizioni Generali per i Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto

Art. 17, “Pilota”, comma 1

1. Il pilota del SAPR, ai sensi del Codice della Navigazione, è responsabile della condotta in sicurezza del volo. Viene designato dall'operatore e deve avere un'età minima di 18 anni.

Art. 17, “Pilota”, comma 2

2. Al pilota è richiesta la conoscenza delle regole dell'aria applicabili. Tale conoscenza può essere asseverata dal possesso di una licenza di volo civile o di un attestato di volo sportivo di cui al DPR n. 133/2010.

Art. 20, “Assicurazione”, comma 1

1. Non è consentito operare un SAPR se non è stata stipulata e in corso di validità un'assicurazione concernente la responsabilità verso terzi, adeguata allo scopo e non inferiore ai massimali minimi di cui alla tabella dell'articolo 7 del Regolamento (CE) n. 785/2004.

Di seguito si riporta una tabella sequenziale a beneficio degli operatori che intendono svolgere operazioni specializzate*, o relativa attività di sperimentazione con SAPR di peso minore di 25 kg.

FASE 1	Operatore	Pilota	Organizzazione (Società, Azienda, Associazione, Ente)
<p align="center">Sottoscrizione della Dichiarazione di Rispondenza al Regolamento ENAC “Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto”</p>	<p>1) Attestare di aver verificato l' idoneità del mezzo e dell' organizzazione, nonché la qualificazione dell' equipaggio</p>		
	<p>2) Il sistema deve essere identificato in tutte le sue componenti pertanto vanno riportati, qualora differenti i numeri di serie dell' aeromobile (APR) e della stazione di terra (SPR).</p>		<p>2) Identificare e verificare la consistenza e la tipologia della flotta a sua disposizione per le attività professionali.</p>
FASE 2			
<p align="center">Predisposizione documentazione necessaria alle attività</p>	<p>1) Deve avere un' organizzazione tecnica e operativa adeguata all' attività che intende effettuare</p>		<p>1) Firmare la dichiarazione di rispondenza al regolamento ENAC o, nel caso di operazioni critiche, l' attestazione di rispondenza al regolamento</p>
			<p>2) Individuare un responsabile della gestione delle operazioni e dell' aereo navigabilità continua;</p>
			<p>3) Predisporre il “Manuale delle Operazioni” e fornirlo a tutto il personale coinvolto nelle attività;</p>
		<p>4) Addestramento sullo/ gli APR da pilotare</p>	<p>4) Qualificare l' equipaggio</p>
FASE 3			
<p align="center">Individuazione criticità delle operazioni</p>			<p>1) Determinare se le operazioni specializzate sono critiche o non</p>

FASE 4		critiche		
Attività sperimentale			1) Può essere svolta sulla base della dichiarazione emessa dall'organizzazione e dopo aver ricevuto informativa da parte di ENAC	
			2) Indicare l'area regolamentata sede delle attività sperimentali o presentare domanda di assegnazione di Spazio Aereo a ENAC	
			3) Specificare nella dichiarazione l'area o fare riferimento al documento che la identifica;	
			4) Predisporre la documentazione necessaria per determinare che l'attività può essere svolta con un livello di rischio accettabile;	
			5) Determinare le limitazioni e condizioni applicabili alla sperimentazione;	
			6) Predisporre un programma di prove di volo;	
			7) Predisporre la Dichiarazione;	
			8) Inviare la dichiarazione all'ENAC	
	9) Svolge l'attività sperimentale**	9) Si occupa del pilotaggio e della gestione tecnica degli APR		

FASE 5			
Operazioni specializzate critiche			1) Presentare domanda di autorizzazione a ENAC;
			2) Presentare domanda di assegnazione di Spazio Aereo a ENAC (se applicabile);
			3) Predisporre la documentazione necessaria per determinare che l'attività possa essere svolta con un livello di rischio accettabile;
			4) Individuare lo scenario e la tipologia dell'area delle operazioni e dello spazio aereo (compreso eventuale <i>buffer</i>);
			5) Presentare all'ENAC domanda di riconoscimento della qualificazione dell'equipaggio;
			6) Predisporre l'attestazione di rispondenza al regolamento;
		7) Interfacciarsi con l'organizzazione per la verifica delle condizioni di volo applicabili alle operazioni	7) Determinare le limitazioni e condizioni applicabili alle operazioni specializzate che s'intendono effettuare.

FASE 6			
Operazioni specializzate non critiche			1) Predisporre la documentazione necessaria per determinare che l'attività può essere svolta con un livello di rischio accettabile;
			2) Determinare le limitazioni e condizioni applicabili alle operazioni specializzate che s'intendono effettuare;
			3) Individuare lo scenario e la tipologia dell'area delle operazioni e dello spazio aereo (compreso il <i>buffer</i>);
			4) Predisporre la Dichiarazione;
			5) Inviare la dichiarazione all'ENAC
FASE 7			
Equipaggio		1) La competenza teorica si intende acquisita quando in possesso di licenza FCL in corso di validità, attestato di volo sportivo ai sensi del DPR No 133/2010 o di attestato rilasciato da un'organizzazione riconosciuta dall'ENAC	
		2) La competenza pratica si intende acquisita quando il pilota proposto è in possesso di	

		certificato di addestramento che attesti di aver superato un corso presso il costruttore del SAPR, presso un'organizzazione riconosciuta da ENAC o da pilota riconosciuto dal costruttore a condurre l'addestramento.	
		3) L'Idoneità psicofisica si intende acquisita quando il pilota proposto è in possesso di certificato medico di seconda classe in accordo al Regolamento ENAC	

* Per operazioni specializzate si intendono anche le attività svolte per la conduzione di programmi di ricerca.

**L'attività sperimentale non è richiesta se il SAPR è in possesso di un Certificato di Omologazione/Certificato di Navigabilità Ristretto/Permesso di Volo rilasciato dall'ENAC o nel caso sia già stata effettuata da altri soggetti, per esempio dal costruttore del SAPR.

Unmanned Surface Marine Vehicles (UMV): procedura per la navigazione marittima

Di seguito si riporta la tabella relativa alla procedura per l'utilizzo di sistemi prototipali marini a pilotaggio remoto. Attualmente non è presente in Italia una specifica normativa per la regolamentazione sull'utilizzo dei suddetti sistemi in ambito marino. Pertanto si fa riferimento alla procedura classica per la richiesta di autorizzazioni ai fini professionali.

FASE	Operatore	Capitaneria
FASE 1	Identificazione della Capitaneria di Porto di competenza dello specchio d'acqua in cui si deve operare	
FASE 2	Preparazione della istanza relativa al tipo di rilievo/attività da svolgere contenente: specifiche tecniche, caratteristiche dei mezzi, coordinate dello specchio d'acqua interessato, periodo di svolgimento delle attività, personale impiegato.	
FASE 3	Consegna della documentazione presso gli uffici della Capitaneria di Porto competente	
FASE 4		Il personale addetto della Capitaneria procede con l'analisi della documentazione trasmessa
FASE 5		La Capitaneria trasmette un'ordinanza con la quale si autorizzano le attività e si forniscono le indicazioni utili per lo svolgimento delle stesse
FASE 6	Svolgimento delle attività	
FASE 7	Trasmissione della dichiarazione di fine lavori alla capitaneria di porto	

Per quanto riguarda la procedura per l'utilizzo di sistemi prototipali marini a pilotaggio remoto nel dominio delle acque interne (laghi, specchi d'acqua, fiumi, ecc.), la richiesta di autorizzazione varia a seconda dell'area oggetto dell'indagine.

Ad ogni modo, se si volesse identificare un soggetto di riferimento per gli specchi d'acqua lacustri e fluviali, non afferenti ad aree protette o a parchi nazionali/provinciali, è necessario riferirsi all'arma dei Carabinieri per segnalare lo svolgimento delle attività di indagine presso il sito identificato.

In alcune regioni, come ad esempio nel Lazio, il rilascio di autorizzazioni allo svolgimento di attività nelle acque interne, limitatamente ad aspetti connessi con la sicurezza della navigazione, è attualmente delegato alle Provincie. Per ottenere tali autorizzazioni è infatti necessario inoltrare apposita istanza di autorizzazione corredata dalla documentazione prevista.

Riferimenti

- [1] European Civil UAV Market – UAVNET / Frost & Sullivan; 2007.
- [2] Regolamento ENAC “Mezzi aerei a pilotaggio remoto” Edizione n°1 del 16/12/2013.
- [3] Disposizione 4/DG del 14 febbraio 2014 - Modifica dell'articolo 26 del Regolamento ENAC "Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto".
- [4] Disposizione 8/DG del 16 marzo 2015 - Modifiche al Regolamento ENAC "Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto".
- [5] <http://www.guardiacostiera.gov.it>
- [6] www.enac.gov.it