Università di Trieste
Corso di Laurea Magistrale in Esplorazione Geologica

Anno accademico 2021 - 2022

Geologia Marina

Parte II

Modulo 2.2 Veicoli sottomarini

Docente
Lorenzo Facchin

Gli strumenti utilizzati per le indagini indirette a bordo delle navi oceanografiche possono essere montati anche su veicoli subacquei autonomi o guidati. Oltre a questa strumentazione viene comunemente impiegata anche strumentazione di tipo oceanografico (sensori per la misura dei parametri chimico fisici dell'acqua), telecamere o videocamere per ispezioni visive, e talvolta anche strumenti per eseguire misure dirette e campionamenti.

- HOV Human Occupied Vehicle
- ROV Remotely Operated Vehicle
- AUV Autonomous Underwater Vehicle
- Glider

HOV Human Occupied Vehicle

Gli HOV sono dei piccoli sottomarini in grado di ospitare a bordo un limitato numero di persone. Spesso sono in grado di raggiungere profondità molto elevate e sono classificati in questo caso come DSV (Deep Submergence Vehicle).

Il primo mezzo sottomarino (non militare) per ricerche scientifiche è stato il "C3" (1948). Fra i più conosciuti si possono ricordare il batiscafo FNSR 2 (successivamente ricostruito come FSNR 3 nel 1950). Un'evoluzione di questo è stato il Batiscafo Trieste (1953) che nel gennaio del 1960 ha raggiunto il fondo a 10.911m di profondità nella Fossa delle Marianne.
Il "Deepsea Challenger" ha raggiunto la stessa profondità (10.898m) nel 2012.

Un altro batiscafo famoso è "Alvin" (in servizio dal 1964).
Il "Nautile" è il batiscafo utilizzato attualmente dall'IFREMER francese. È in grado di raggiungere la profondità di 6000m con tre persone a bordo.

HOV Human Occupied Vehicle

Il vantaggio di questo tipo di veicoli è che possono ospitare del personale a bordo. Le operazioni sono quindi condotte con una supervisione diretta da parte del pilota e della squadra di scienziati.
Attualmente questo vantaggio può essere superato dal fatto che le videocamere a disposizione, rispetto al passato, sono molto più evolute e possono registrare e trasmettere in tempo reale immagini ad altissima risoluzione.
Inoltre i costi per eseguire una missione con un veicolo di questo tipo sono molto elevati.
Se si considerano anche i rischi per il personale coinvolto direttamente nelle immersioni, è facile comprendere perchè questi veicoli, seppur ancora utilizzati, sono meno impiegati rispetto ad altri sistemi.

PRO	CONTRO
Supervisione diretta	Costo elevato Rischio elevato

ROV Remotely Operated Vehicle

I ROV sono dei robot sottomarini filoguidati in grado di compiere operazioni subacquee anche piuttosto complesse. Vengono impiegati molto comunemente nel campo della ricerca e dell'industria. Esistono ROV di diverse dimensioni e con diverse possibilità operative. Il loro impiego si è diffuso a partire dagli anni '80.
Vengono suddivusi in tre principali tipologie a seconda delle loro dimensioni e capacità:

CLASS I (observation): sono veicoli di piccole dimensioni, normalmente equipaggiati con telecamera e illuminatori. A causa delle piccole dimensioni la loro potenza è limitata e non sono in grado di raggiungere profondità elevate. Vengono impiegati per eseguire ispezioni visive.

Le dimensioni sono tali (pochi chilogrammi) da permettere il loro utilizzo anche da piccole imbarcazioni senza l'ausilio di mezzi di sollevamento. Vengono utilizzati anche per l'ispezione all'interno di tubazioni, in questo caso possono essere dotati anche di cingoli.
Normalmente vengono utilizzati senza un sistema di posizionamento subacqueo (tipo USBL).

ROV Remotely Operated Vehicle

CLASS II (general): sono veicoli di medie dimensioni. Oltre alla videocamera sono in grado ospitare strumentazione aggiuntiva e compiere operazioni semplici. La loro massima profondità operativa è limitata a qualche centinaio di metri (max 1000m).

Le maggiori dimensioni rispetto ai precedenti permettono di equipaggiarli con motori di maggior potenza, quindi la profondità operativa è maggiore. Normalmente sono dotati anche di un "beacon" che permette di determinare la loro posizione rispetto all'imbarcazione appoggio.
La strumentazione di superficie è piuttosto semplice e poco ingombrante, possono essere quindi impiegati su imbarcazioni di piccole e medie dimensioni con l'ausilio di mezzi di sollevamento anche manuali.

Gli strumenti aggiuntivi che possono essere opzionali sono di piccole dimensioni e non superano di solito il peso di 15-20 kg.
Possono essere strumenti acustici quali sistemi Multibeam e sonar per ottenere informazioni su strutture sommerse.
Ci sono poi strumenti meccanici tipo manipolatori o spazzole rotanti per eseguire operazioni semplici, o sensori di altro tipo come ad esempio sonde a ultrasuoni impiegati per la misura di spessori, sonde per la misura delle correnti galvaniche o sensori magnetici per identificare i cavi interrati.

ROV Remotely Operated Vehicle

CLASS III (work): sono di grandi dimensioni, in grado di raggiungere profondità elevate (6000m) e di eseguire anche interventi complessi.

Le grandi dimensioni rispetto ai precedenti permettono di equipaggiarli con motori molto potenti, quindi la profondità operativa è maggiore. La comunicazione con la superficie avviene attraverso un cavo ombelicale che utilizza fibre ottiche per la telemetria e la trasmissione dei dati, e cavi di potenza per l'alimentazione dei motori e di tutta la strumentazione installata. Per la messa a mare e il recupero vengono impiegati degli appositi sistemi denominati LARS (Launch And Recovery System).

La strumentazione di superficie è complessa e ingombrante, normalmente è ospitata all'interno di una sala controllo o di un container, dalla quale i piloti possono controllare il veicolo e tenere sotto controllo tutti i dati in arrivo, Per questo devono essere impiegati a bordo di navi.
Hanno una capacità di carico che può arrivare a qualche centinaio di chilogrammi e possono quindi essere equipaggiati con diversa strumentazione a seconda delle esigenze.
Sono impiegati per operazioni di controllo e manutenzione su impianti petroliferi, per ispezioni su condotte sottomarine, per alcune fasi durante la posa di cavi sottomarini.

ROV Remotely Operated Vehicle

L'utilizzo dei ROV ha il vantaggio di non dover impiegare personale in immersione, con grande risparmio in termini economici e con l'eliminazione del rischio per gli operatori subacquei.
Sebbene alcune operazioni non possano essere svolte dai sistemi ROV ed è quindi necessario l'impiego di personale specializzato (es. manutenzione o sostituzione di pezzi in impianti sottomarini), per altre è vero il contrario (es. ispezioni all'interno di tubazioni subacquee).

PRO	CONTRO
Nessun RISCHIO per gli operatori	NON possono svolgere tutte le operazioni

AUV Autonomous Underwater Vehicle

Gli AUV (Autonomous Underwater Vehicle) sono dei veicoli autonomi innovativi che hanno raggiunto negli ultimi anni una elevata affidabilità e che si stanno diffondendo sempre di più fra i sistemi utilizzati per compiere indagini sia in ambito industriale che nella ricerca scientifica.

Sono dotati di un sistema di propulsione alimentato a batterie con autonomia variabile da qualche ora a qualche giorno. I loro sistemi di navigazione permettono di seguire in maniera del tutto autonoma un piano di missione preimpostato. Essendo dotati di sistemi acustici che comunicano con la superficie possono essere utilizzati anche in modalità "semi-autonoma" o "guidata".

Il sistema di navigazione è costituito normalmente da un GPS per la posizione in superficie, e una IMU (Inertial Measurement Unit) per la navigazione in immersione, normalmente abbinata ad un sistema DVL (Doppler Velocity Log). Questi due sistemi permettono di seguire con buona precisione una rotta preimpostata.

Nel caso delle modalità "semi-autonoma" o "guidata" la comunicazione con la superficie avviene attraverso un sistema acustico tipo USBL. Il vantaggio di queste modalità è che si può correggere la posizione stimata con I dati del GPS, aumentando la precisione della navigazione. Lo svantaggio è che il veicolo deve essere seguito da un'imbarcazione in superficie.

Sono di normale dotazione anche sistemi per aumentare la sicurezza (sonar anticollisione, sistemi di comunicazione via satellite che funzionano solo in emersione, luci di emergenza).

Inoltre possono essere equipaggiati con strumenti per lo svolgimento di numerose attività. GliI standard sono solitamente il Multibeam, il SSS, il SBP, i sensori ambientali, le videocamere e/o fotocamere.

AUV Autonomous Underwater Vehicle

L'utilizzo dei sistemi AUV ha il grande vantaggio di poter limitare l'utilizzo di personale specializzato.
La vicinanza al fondale permette di raccogliere dati con maggior risoluzione rispetto ad un'imbarcazione. Inoltre lavorando in profondità non risentono del rumore che si ha in superficie in condizioni meteo avverse.

A differenza di un'acquisizione in nave i dati non possono essere controllati in tempo reale, se non un'anteprima a bassa risoluzione. È inoltre necessario tener conto dei tempi necessari per la ricarica delle batterie ed il "download" dei dati al termine della missione.

PRO	CONTRO
Qualità e risoluzione dei dati	Ricarica batterie Download dati Costo elevato

AUV Autonomous Underwater Vehicle

Si possono suddividere in veicoli per acque Basse, Medie e Profonde in base alla loro massima profondità operativa.

I veicoli per acque basse hanno di solito il limite di profondità a 100m o 200m, sono di piccole dimensioni e possono essere utilizzati anche da piccole imbarcazioni senza mezzi di sollevamento. La loro autonomia è limitata (qualche ora), come pure la loro capacità di carico. Normalmente sono modulari, e vengono assemblati in base al tipo di indagine programmata.

Un AUV per acque basse messo a mare da un gommone (dal sito naval-technology.com)

AUV Autonomous Underwater Vehicle

Veicoli per profondità media: il limite operativo è normalmente di 1000m (qualche modello arriva a 600m o 1500m). Sono più grandi e più pesanti. Sono messi in acqua e recuperati con l'ausilio di mezzi di sollevamento. Possono essere equipaggiati con più strumenti contemporaneamente. L'autonomia è maggiore rispetto ai precedenti, ma non di molto.
Possono essere modulari con la capacità di montare più strumenti contemporaneamente, o con configurazione fissa.

AUV per media profondità (dal sito oceannews.com)

AUV Autonomous Underwater Vehicle

Gli AUV per acque profonde possono raggiungere normalmente 3000m di profondità, in qualche caso anche 6000m. Vengono impiegati normalmente da nave, in alcuni casi con l'ausilio di ASV (Autonomous Surfece Vessel). Sono molto grandi e pesanti (spesso superano il peso di 1000/1500 kg).

Hanno una grossa capacità di carico e sono in grado di ospitare molti sitemi contemporaneamente. Normalmente vengono equipaggiati con la strumentazione richiesta al momento della loro costruzione. La loro autonomia può superare le 24 ore con tutti i sistemi alimentati. Non sono modulari ed hanno dei sistemi LARS (Launch And Recovery System) dedicati.

AUV con LARS (dal sito kongsberg.com)

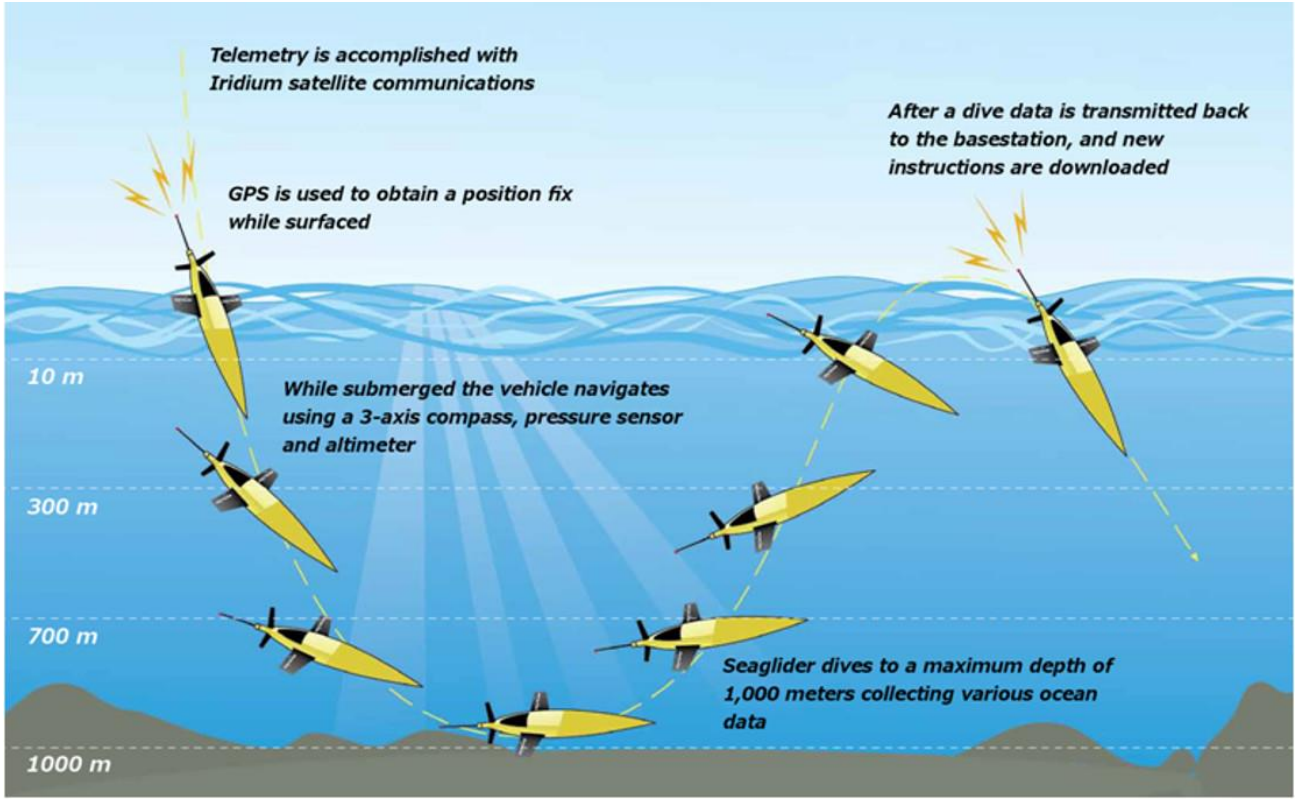
Glider

Il "Glider", letteralmente aliante, è un tipo di veicolo autonomo ampiamente utilizzato in ambito oceanografico per la misura delle caratteristiche delle masse d'acqua. Si tratta di una sorta di siluro privo di propulsione, ma che si muove planando sfruttando delle variazioni di assetto e di apposite ali.

Il principale vantaggio di questi veicoli è l'elevata autonomia di navigazione.

Un altro vantaggio è dato dalle dimensioni e peso limitati, che consentono il loro utilizzo anche da piccole imbarcazione senza l'ausilio di mezzi di sollevamento.

Gli svantaggi sono la massima profondità operativa di solo 1000 m, e la limitata capacità di essere equipaggiato con strumentazione, oltre al fatto di essere influenzato, durante la navigazione, da correnti e moto ondoso.



Funzionamento del glider (dal sito fastwave.com.au)

Glider

OGS possiede 4 Glider. Due SLOCUM Teledyne e due SEAGLIDER Kongsberg. Vengono utilizzati per il monitoraggio in Sud Adriatico e al largo di Cipro. Durante la XXV° campagna in Antartide un Seaglider è stato impiegato in Mare di Ross per una missione di 10 giorni, mentre la nave acquisiva profili CTD con campionamenti d'acqua.

AUV Laboratorio di Panarea

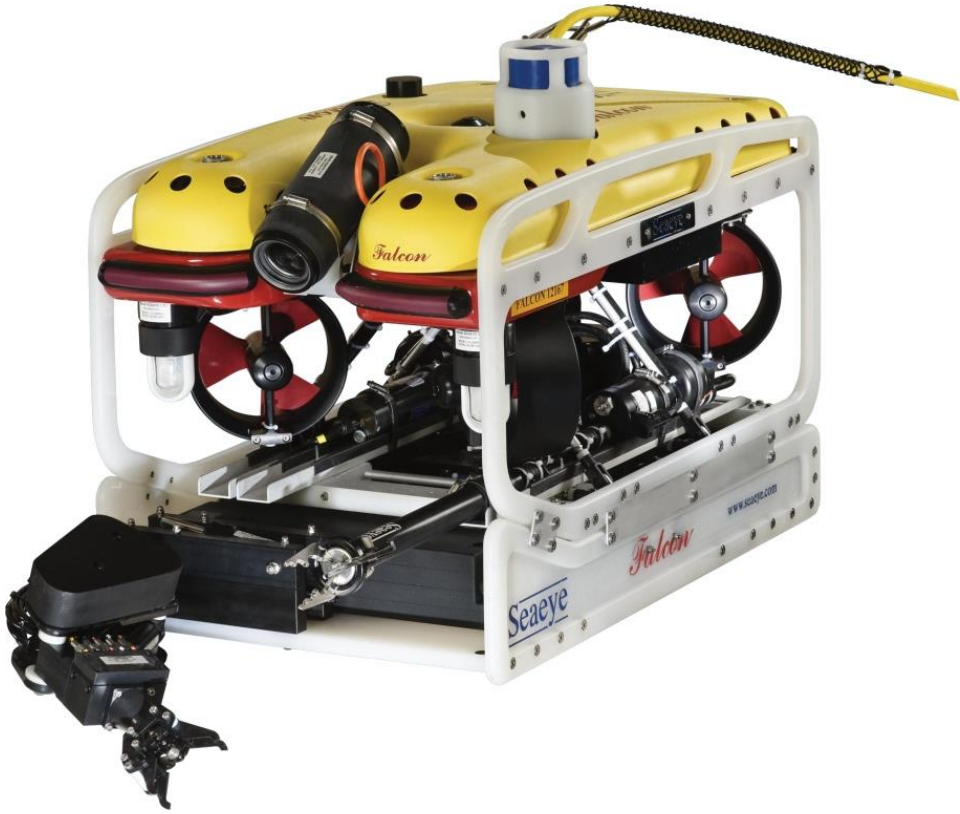
Applicazioni

- Monitoraggio ambientale (fuoriuscita di CO_2 in siti di stoccaggio, sversamento di idrocarburi…)
- Ricerche inerenti i cambiamenti climatici (impatto su ecosistema, ecologia degli ambienti profondi, osservazioni oceanografiche…)
- Batimetria ad alta risoluzione
- Caratterizzazione del fondale

Caratteristiche principali
Sistema modulare
Navigazione autonoma e/o guidata
Massima profondità operativa 1500m (3000m)
Velocità massima 4 nodi
Autonomia 24 ore (a velocità 3 nodi con tutti i sensori attivi)
Multibeam alta risoluzione a doppia frequenza
Side Scan Sonar doppia frequenza
Sensori per misura di: CO_2 - O_2 – Nitrati – Fluorescenza
Possibilità di «upgrade» con Sub Bottom Profiler
Dimensioni 500x75 cm, peso 1000 kg

ROV Laboratorio di Panarea

Caratteristiche principali
Sistema di navigazione automatico per direzione e profondità
Braccio idraulico con manipolatore a 5 funzioni
Manipolatore a singola funzione
Massima profondità operativa 300m
Telecamera a colori
Laser per misurazioni
Sistema di illuminazione
Sonar
Dimensioni 100x50x60 cm , peso 60 kg



Applicazioni

- Indagini mirate sull'ecosistema
- Individuazione di aree di fratturazione e di risalita gas
- Mappatura del fondale
- Prelievo di campioni

AUV Autonomous Underwater Vehicle

IL FUTURO

Molte compagnie stanno puntando sullo sviluppo e la produzione di nuovi veicoli autonomi dotati di intelligenza artificiale, che possano variare i parametri di missione in base alle diverse situazioni che devono affrontare, e che possano prendere decisioni in autonomia.

Un esempio di questi è EELUME sviluppato in Norvegia che presto verrà utilizzato per il primo contratto commerciale.

Eelume

Un altro esempio è il veicolo HyDrone che SAIPEM sta sviluppando. Parte dei test vengono svolti a Trieste.

HyDrone