



## SCHEDA TECNICA Requisiti della fornitura

### 1. Fabbisogno

Nell'ambito del progetto PON Ricerca & Innovazione 2014-2020 "SHINE - Potenziamento dei nodi italiani in E-RIHS", l'UO operativa dell'INM, sede secondaria di Palermo, propone la realizzazione di un laboratorio marino a guida autonoma (cioè senza pilota a bordo) e completamente green (propulsione elettrica e alimentazione a pannelli solari) per il monitoraggio e la salvaguardia di beni culturali sommersi sul fondale marino. Il laboratorio, formato da un mezzo di superficie (USV), rappresentato dal veicolo AUSWATH, ed un mezzo sottomarino (AUV/ROV), rilasciato dall'USV, sarà dotato di strumentazione di avanguardia per il rilevamento di beni archeologici anche di piccole dimensioni, la misura delle condizioni ambientali che insistono sul bene culturale e l'intervento preliminare sul bene stesso.

La progettazione dei mezzi è basata sull'esperienza maturata nella realizzazione di veicoli già operativi presso la sede INM di Genova. La scelta della strumentazione di bordo è stata fatta tenendo in considerazione apparecchiature già in uso presso l'istituto o in altri istituti CNR con cui esistono collaborazioni attive, per massimizzare la compatibilità con i sistemi esistenti (hardware e software), impiegando e valorizzando le attività di sviluppo e le conoscenze già acquisite e minimizzando la possibilità di incompatibilità che ridurrebbero l'efficienza nelle fasi di integrazione e sviluppo e rischierebbero di minare la buona riuscita del progetto.

Per la navigazione e il sistema di controllo dei veicoli, è necessario l'utilizzo di dispositivi in grado di fornire misure in tempo reale dell'assetto del mezzo, della sua posizione nello spazio e del moto rispetto all'ambiente circostante. Infatti, in condizioni di navigazione critiche (segnale GPS scarso, malfunzionamenti dei sistemi di bordo) o ancora, al di sotto della superficie del mare dove il veicolo non può contare sull'ausilio dei normali sistemi di navigazione di superficie (GPS, sistemi radio o ottici), è necessario l'ausilio di ulteriore strumentazione per il mantenimento della rotta desiderata e supportare le operazioni di manovra. Le grandezze fisiche necessarie a ricostruire il moto e la posizione del veicolo vengono misurate attraverso l'utilizzo di diversi sistemi, ciascuno dei quali fornisce uno dei tasselli che devono essere opportunamente integrati dal sistema di navigazione e controllo.

Tra le dotazioni del veicolo subacqueo è previsto anche un *sub bottom profiler* (SBP). I SBP sono utilizzati per determinare le proprietà fisiche e per la caratterizzazione delle informazioni geologiche al di sotto del fondale marino. I SBP sono in genere utilizzati in indagini di esplorazione geologica e geofisica, progetti per infrastrutture marine e indagini di percorso per la posa di condotte. Negli ultimi anni, sono stati utilizzati per misurare strutture e processi sedimentari su piccola scala in alta risoluzione temporale e spaziale. Questa loro caratteristica li rende degli oggetti di grande utilità anche nel campo dell'archeologia marina dove, la loro capacità di "vedere" attraverso i sedimenti, combinata con il controllo computerizzato e la mappatura, consentono agli archeologi di registrare e riprodurre uno "scavo virtuale", ad esempio di un sito di relitto, attraverso un modello digitale tridimensionale, sezionabile in strati, tutto in un computer, senza mai toccare il relitto stesso.

I SBP sono solitamente costituiti da una sorgente a canale singolo che invia impulsi sonori nei sedimenti superficiali del fondale sottomarino. Gli impulsi sonori rimbalzano sul fondo del mare e i successivi strati di sedimento, in base alle differenze nella loro impedenza acustica (durezza). L'impedenza acustica è legata alla densità del materiale e alla velocità con cui il suono viaggia attraverso questo materiale. I diversi tempi di restituzione e registrazione del segnale da parte del SBP indicano la profondità e le caratteristiche degli strati sotto il fondale marino.

Esistono numerosi sistemi SBP che funzionano utilizzando vari tipi di sorgenti e frequenze sonore. Vengono utilizzati diversi sistemi SBP a seconda degli obiettivi del rilevamento, della profondità dell'acqua e della conoscenza preliminare dei tipi di roccia (se noti). Le frequenze più basse sono utilizzate da SBP di potenza più elevata (come i *boomers* o gli *sparkers*), che possono penetrare profondità maggiori ma hanno una risoluzione inferiore, il che significa che l'immagine possiede meno dettagli. I SBP ad alta frequenza (*chirp*, parametrici, *pingers*) usano una potenza inferiore, il che significa che possono penetrare meno in profondità, ma forniscono un'immagine ad alta risoluzione e più dettagliata di ciò che è sotto il fondale marino. Per il tipo di applicazione prevista, l'indagine si è concentrata su sistemi *chirp* e parametrici. Le differenze di questi due sistemi sono legate allo spettro di frequenze utilizzate. I *chirp* sono un sistema ad alta frequenza utilizzato per avere alta risoluzione in indagini a bassa penetrazione superficiale (di solito 20-50m a seconda del tipo di sedimento e profondità dell'acqua). Questi dispositivi producono un impulso lungo (a bassa frequenza), costituito da più forme d'onda di frequenza più alta, ciò aumenta l'energia complessiva che può essere prodotta dalla fonte, migliorando la penetrazione. A differenza degli altri SBP, un sonar parametrico trasmette simultaneamente due segnali di frequenze alte leggermente diverse (ad es. 100 e 110 kHz). Queste due frequenze poi interagiscono tra loro nella colonna d'acqua per produrre un segnale a bassa frequenza con una larghezza di banda molto stretta. Questo segnale a bassa frequenza dà la penetrazione, ma senza le interferenze da oggetti circostanti che si possono avere con altri SBP. I profiler parametrici possono raggiungere una risoluzione verticale molto elevata e sono particolarmente indicati in ambienti con acque poco profonde. Questo, insieme ad un'elevata frequenza di campionamento, comporta che un sonar parametrico può produrre un'immagine molto più dettagliata, che a sua volta significa che è possibile mappare strati di sedimento molto più sottili.

## 2. Requisiti tecnici

I requisiti minimi richiesti per il SBP sono riepilogati come segue:

SPECIFICHE TECNICHE	
Water Depth Range	0.5 – 100 m below transducer
Sediment Penetration	up to 20 m (depending on sediment type and noise)
Sample / Range Resolution	c. 1 cm / up to 8 cm (depending on pulse settings)
Transmit Beam Width (-3dB)	c. $\pm 2.5^\circ$ for all frequencies / footprint c. 9% of water depth
Ping Rate	up to 40 pings/s
Heave / Roll / Pitch Compensation	heave (depending on external sensor data)
Primary Frequencies (PHF)	c. 100 kHz (frequency band 90 – 110 kHz)
PHF Source Level/Acoustic Power	>235 dB// $\mu$ Pa re 1m / c. 2 kW
Secondary Low Frequency (SLF)	centre frequency 10 kHz
SLF Total Frequency Band	5 – 15 kHz
SLF Pulse Type	Ricker, CW

Pulse Width	user selectable 0.1 – 0.5 ms (CW)
Data Acquisition and Recording	digital 16 bit / c. 70 kHz (SLF full waveform, PHF envelope)
Data File Format	Innomar "RAW" (16 bit), "SEGY" (via SESconvert)
External Sensor Interfaces	HRP (motion, RS232), GNSS position, depth (both RS232 / UDP), trigger (BNC)
Bottom Detection	internal (PHF and SLF data) or external depth
Depth Accuracy	(2.5 cm @ 100 kHz / 5 cm @ 10 kHz) + 0.1% of water depth
Remote Control / Survey Integration	basic functions via COM or Ethernet (UDP), NMEA
Topside Unit (Transceiver)	W 47 cm × D 36 cm × H 17 cm (IP65) / weight c. 9 kg
Transducer (incl. 15 m cable)	W 27 cm × D 21 cm × H 6 cm / weight c. 10 kg
Transducer Depth Rating	Surface
Power Supply	10–30 V DC; optional external AC power supply (100–240 V AC)
Power Consumption	<100 W
Control / Data Storage PC	external PC/Laptop/Tablet (MS Windows 10/11 OS), not included

### 3. Strumenti individuati e costi attesi

Un'accurata ed estesa indagine, effettuata utilizzando i principali motori di ricerca, le riviste specializzate e la documentazione disponibile on-line presso i produttori/distributori, tenuto conto delle suddette caratteristiche tecniche e prestazionali, sulla disponibilità economica e sui sistemi in uso presso il CNR nonché facendo affidamento anche sulle esperienze pregresse nell'utilizzo e nell'installazione di questi dispositivi da parte dell'INM su veicoli sviluppati, è stato individuato il seguente dispositivo:

#### INNOMAR "SMART" SUB-BOTTOM PROFILER

Il sub-bottom profiler di Innomar è di tipo parametrico ed è progettato per equipaggiare mezzi AUV e ROV, grazie alle sue piccole dimensioni e peso contenuto ed offre prestazioni elevate sia in termini di risoluzione che di profondità di penetrazione. È corredato di un suo software di gestione e che fornisce il controllo ed il setup remoto del sistema (SESWIN ETHERNET REMOTE CONTROL) e l'interpretazione dei segnali acquisiti (CHESAPEAKE OFFICE SUB BOTTOM PROFILER).

La Innomar garantisce anche un servizio post-vendita in grado di offrire supporto, training ed aggiornamenti durante tutto il ciclo di vita del dispositivo.

Inoltre la Innomar offre, congiuntamente al SBP, anche il software necessario per l'impiego congiunto del SBP e degli altri dispositivi di misura (*multibeam, side scan sonar, CTD, sonde di velocità*). Il software in questione consiste nella fattispecie in:

- QINSY9 Offshore (con i pacchetti aggiuntivi *Side Scan Sonar E Sub-Bottom*)
- QIMERA2 (con i pacchetti aggiuntivi *Midwater, TU Delft Sound Speed Inversion, ENC Plus, Structure From Motion For Bathymetry, Automatic Height Matching*)
- FMGeocoder

Tali software sono in grado di collezionare i dati provenienti dalle diverse sorgenti, in modo tale da ottenere una visione completa del rilievo e poter apportare le necessarie correzioni ai dati e che nell'ambito di questo tipo di misure, sono ritenuti i più completi ed efficaci, sia per capacità di integrazione dei diversi dati, che di pre-processamento, correzione e restituzione del rilievo



UNIONE EUROPEA  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale  
Fondo per lo Sviluppo e la Coesione



Il sub-bottom-profiler ed i software a corredo sono acquistabili dal distributore italiano, **MacArtney Italy s.r.l.**, ad un costo di € 101.578,80 (IVA inclusa)+ IVA.

Il Responsabile Unico del Procedimento