

M. ANGIOLILLO¹, M. GIUSTI¹, M. TOMA^{1,2}, A. TURSI^{3,8}, C. DE BLASI^{3,8}, R. TARANTINI^{3,8}, B. CATALANO¹, G. CHIMIENTI³, A. COSMA^{2,4,5,8}, G. FRANCESCHINI¹, T. DELLI CARRI^{2,8}, D.A. FERRANTE^{2,8}, A. MOLINARI¹, M.L. PICA^{6,8}, S. BUSETTO^{7,8}, N. PORCU^{7,8}, CILLARI T.¹, G.F. RUSSO^{6,8}, AL. CAU^{7,8}, M. BO^{2,5,8}, F. MASTROTOTARO^{3,8}, G. GIORGI¹, L. TUNESI¹

¹Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Via V. Brancati, 48, 00144 Roma, Italy

²DISTAV, Università degli Studi di Genova, C.so Europa 26, 16132 Genova, Italy

³DBBA, Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Via Edoardo Orabona 4, 70125 Bari, Italy

⁴DiSTeM, Università di Palermo, Via Archirafi 20, 90123 Palermo, Italy

⁵National Biodiversity Future Center (NBFC), Piazza Marina 61, 90133 Palermo, Italy

⁶DiST, Università degli Studi di Napoli Parthenope, Centro Direzionale, Isola C4, 80143 Napoli, Italy

⁷DiSVA, Università di Cagliari, Cittadella Universitaria, 09042 - Monserrato (CA), Italy

⁸Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare (CoNISMa), Piazzale Flaminio 9, 00196 Roma, Italy

corresponding author: michela.angiolillo@isprambiente.it

ESPLORAZIONE DEI MONTI SOTTOMARINI: HOTSPOT DI BIODIVERSITÀ NEI MARI ITALIANI

DIVING INTO SEAMOUNTS: UNVEILING DEEP-SEA BIODIVERSITY HOTSPOTS OF THE ITALIAN SEAS

Abstract - Seamounts are prominent seafloor features, hosting diverse and vulnerable deep-sea ecosystems, recognised as priority conservation targets. As part of the PNRR Marine Ecosystem Restoration (MER) project, a large-scale exploratory activity is underway across 79 Italian seamounts located beyond 12 NM from the coast. The aim is to map the distribution and assess the biodiversity of key benthic species and habitats to a depth of 2000 m, using multibeam and remotely operated vehicles (ROVs). The first oceanographic campaign was conducted between January and March 2025 in the Sicily Channel (Mediterranean Sea) by a work-class ROV at depths between 80 and 997 m. Preliminary results revealed biodiversity hotspots, presence of key habitat-forming species, and marine litter across the investigated areas. These findings enhance our understanding of the distribution of long-lived and vulnerable deep-sea Mediterranean species, supporting the establishment of an off-shore network of marine protected areas, in line with the 2030 EU Biodiversity Strategy.

Keywords: Mediterranean Sea, remotely operated vehicle (ROV), Italian seamounts, vulnerable marine ecosystems (VMEs), marine litter.

Introduzione – I monti sottomarini (*seamounts*) sono imponenti elevazioni rocciose prodotte da eventi geologici vulcanici e/o orogenetici, caratterizzati da un complesso idrodinamismo, che favorisce l'insediamento di ricche comunità planctoniche e bentoniche (dominate da grandi organismi filtratori e detritivori) e di predatori apicali (Bo *et al.*, 2020; Würtz & Rovere, 2015). Considerati veri e propri *hotspot* di biodiversità, ma al tempo stesso altamente vulnerabili agli impatti antropici — in particolare alle attività di pesca — i *seamounts* rientrano tra i *Vulnerable Marine Ecosystems* e rappresentano un obiettivo prioritario per la conservazione. Essi svolgono un ruolo fondamentale nel funzionamento dell'ecosistema marino profondo; tuttavia, le conoscenze attuali relative alla loro geologia, biologia ed ecologia restano ancora limitate, soprattutto nel Mar Mediterraneo. In questo contesto si inserisce l'ambizioso progetto Marine Ecosystem Restoration (MER), finanziato in Italia nell'ambito dell'Investimento 3.5 del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). Il progetto prevede 37 interventi mirati alla conoscenza, tutela e ripristino degli habitat marini (Penna, 2024), con l'obiettivo di prevenire, arrestare e invertire il degrado degli

ecosistemi, aumentando la resilienza degli ambienti marini, mitigando gli impatti antropici e migliorando la capacità di adattamento ai cambiamenti climatici. Nell'ambito del MER, un intervento è dedicato alla mappatura degli habitat marini profondi. In considerazione dell'elevato interesse scientifico e della paucità di informazioni sui monti sottomarini mediterranei (Würtz & Rovere, 2015), sono stati individuati 79 seamounts italiani, situati oltre le 12 miglia nautiche dalla costa, in acque circalitorali e batiali, da esplorare fino alla profondità di 2000 m. I dati geofisici, batimorfologici, oceanografici e biologici raccolti sono integrati per individuare aree di elevato valore ecologico e meritevoli di protezione. Da un punto di vista geologico, lo studio di queste strutture ha l'obiettivo di approfondire i processi vulcanici, tettonici, erosivo-deposizionali e di fuoriuscita di fluidi nelle profondità marine. Da un punto di vista ecologico, l'intervento mira a caratterizzare i popolamenti bentonici e la biodiversità associata ai *seamounts*, valutando l'integrità degli habitat e l'incidenza di pressioni antropiche, quali la presenza di rifiuti marini. Tali informazioni sono fondamentali per individuare i siti più vulnerabili e di maggior interesse per i quali adottare specifiche misure di conservazione. L'intervento costituisce infatti un elemento indispensabile per procedere alla messa in atto di misure di protezione per l'ampliamento della Rete Natura 2000 nei mari italiani, in linea con la Strategia Europea per la Biodiversità che, per il 2030, ha fissato l'obiettivo di proteggere il 30% dei mari nazionali ed il 10% di questi in modo rigoroso. Attraverso gli interventi proposti nell'ambito del Progetto MER, il Paese intende rispondere alle esigenze espresse nella Strategia Europea per la Biodiversità 2030 che riflette lo spirito e la visione da perseguire nel contesto del Decennio delle Nazioni Unite sul ripristino degli ecosistemi (2021-2030), con l'obiettivo di invertire il degrado degli ecosistemi su una scala spaziale vasta mai affrontata prima.

Materiali e Metodi – La prima campagna oceanografica è stata condotta nel Canale di Sicilia (Fig. 1a) a bordo della MPSV Ievoli Cobalt tra il 24 gennaio e il 15 marzo 2025. Le indagini sono state eseguite con un ROV Work Class Shilling HD (Fig. 1b), equipaggiato con telecamera FullHD, fotocamera 4K, due manipolatori a 5 e 7 funzioni, due retini per il prelievo di campioni biologici, CTD per acquisizione di parametri fisici e ambientali, ADCP per dati correntometrici e *push corer* per carote di sedimento. Sono stati acquisiti dati video lungo 150 transetti, di lunghezza variabile in funzione della profondità (500, 1000 e 2000 m), tra gli 80 e 1005 m di profondità, per un totale di 109 km lineari percorsi. Sono stati esplorati 11 tra banchi e *seamounts*, di cui 6 mai esplorati in precedenza: Alfil-Linosa III, Avventura-Pantelleria-Talbot, Bannock, Bouri, Central Pantelleria, Euridice, Madrepore, Pinne, Urania Banks, Cimotoc e Empedocle Seamounts. Complessivamente, sono state acquisite 207:12:43 ore di video e raccolti 38 campioni di organismi bentonici e 42 carote di sedimento. L'analisi dei video è stata condotta mediante tecniche di *ROV-imaging*, secondo un approccio standardizzato in due fasi. A bordo, sono acquisiti in tempo reale i dati tecnici relativi a ciascun sito/transetto (coordinate e profondità), inclusi: la tipologia di substrato e l'inclinazione, la presenza e occorrenza di specie megabentoniche e di fauna ittica, la presenza di habitat di interesse, la presenza e occorrenza di rifiuti marini e di attrezzi da pesca persi, valutandone l'impatto sulle specie strutturanti. La fase successiva, condotta in laboratorio e tutt'ora in corso, prevede l'analisi dei campioni raccolti e l'elaborazione di dettaglio dei video, con stime semi-quantitative finalizzate alla descrizione degli habitat prioritari e delle foreste marine di particolare rilevanza ecologica. Tali analisi permetteranno di ottenere informazioni sulla ricchezza specifica delle comunità, sull'abbondanza e morfometria delle specie strutturanti, sul loro stato di salute e sull'impatto dovuto alla presenza di attività antropiche dirette e indirette.

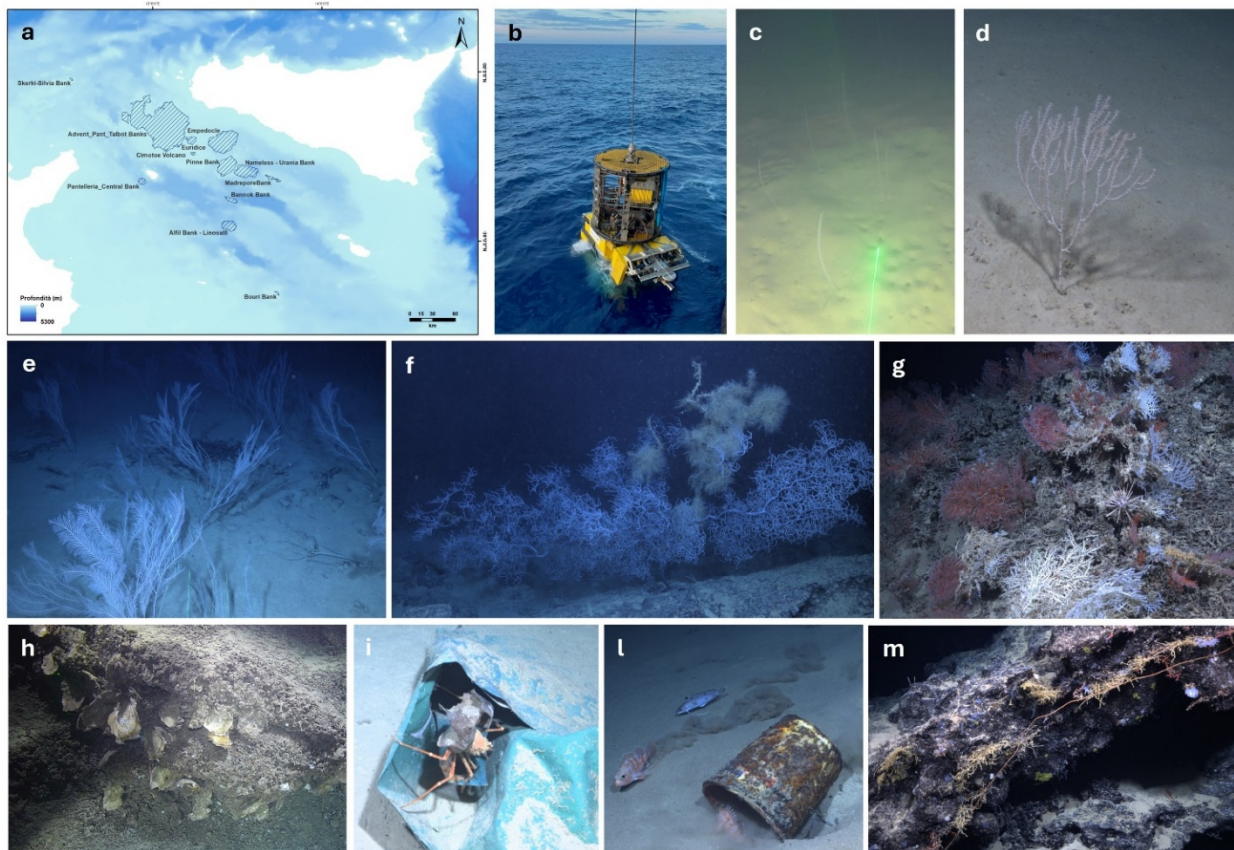


Fig. 1 - (a) Area di studio; (b) Remotely Operated Vehicle (ROV); (c) *Funiculina quadrangularis*; (d) Keratoisididae; (e) Foresta di *Callogorgia verticillata*; (f) Colonia di *Leiopathes glaberrima*; (g) Foresta di gorgonie e coralli; (h) Banco di ostriche; (i) *Paromola cuvieri* tra teli di plastica; (l) Secchio di metallo che funge da tana/rifugio; (m) Gorgonie impigliate in un cavo.
 (a) Study area; (b) Remotely Operated Vehicle (ROV); (c) *Funiculina quadrangularis*; (d) Keratoisididae; (e) *Callogorgia verticillata* forest; (f) Colony of *Leiopathes glaberrima*; (g) Coral Forest; (h) Oyster bank; (i) *Paromola cuvieri* among a plastic sheet; (l) Metal bucket serving as a shelter; (m) Gorgonians entangled by a cable.

Risultati - La campagna di esplorazione ha permesso di acquisire nuovi dati sui banchi e sui *seamounts* del Canale di Sicilia. I risultati preliminari hanno rivelato la presenza di *hotspot* di biodiversità, evidenziando le differenze nella struttura e composizione delle comunità, la presenza di habitat chiave e una diversa megafauna associata. Complessivamente, i banchi più superficiali (es. Avventura-Pantelleria-Talbot, Cimotote, Empedocle, Bouri) sono caratterizzati da fondi a rodoliti e interessanti *sponge ground*, mentre nella parte più profonda si osservano aggregazioni di piccole gorgonie su detritico del largo. I fondi mobili sono caratterizzati da campi a pennatulacei (*Pennatula rubra* Ellis, 1764, *P. phosphorea* Linnaeus, 1758), e dalla presenza di *Funiculina quadrangularis* (Pallas, 1766) (Fig. 1c). In particolare, sul banco di Euridice (100-140 m), questa specie presenta densità molto elevate, fino a un massimo di circa 30 colonie m^{-2} , nonostante la presenza di evidenti segni di strascico. Sui fondi mobili sono stati osservati anche letti a crinoidi (*Leptometra phalangium* (Müller, 1841)) e a Cidaridae (es. Empedocle, Pinne). A profondità maggiori (400-891 m), sempre su fondi mobili, è stata documentata la presenza sparsa di Keratoisididae (Fig. 1d) (es. Central Pantelleria, Alfil-Linosa III, Bannok, Madrepore, Urania Banks). Il piccolo edificio vulcanico del Cimotote, mai esplorato prima, presenta formazioni coralligene caratterizzate da una foresta di *Antipathella subpinnata* (Ellis & Solander, 1786). Altre foreste di gorgonie e coralli neri sono presenti a profondità maggiori (>300 m) nelle zone rocciose e sulle pareti vulcaniche di alcuni *seamounts* (es. Alfil-Linosa III, Urania

Banks), con formazioni miste o monospecifiche di *Callogorgia verticillata* Pallas, 1766 (Fig. 1e), *Antipathes dichotoma* Pallas, 1766, *Leiopathes glaberrima* (Esper, 1792) (Fig. 1f). Queste aggregazioni trovano la massima espressione nel seamount Alfil-Linosa III, dove i coralli neri coesistono con estesi banchi di coralli bianchi (*Madrepora oculata* Linnaeus, 1758, *Desmophyllum pertusum* (Linnaeus, 1758)) e numerose colonie di *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758) (Fig. 1g), fino a 900 m di profondità. Di interesse è anche la presenza di banchi di cirripedi giganti e ostriche (Fig. 1h), nonché la frequente osservazione di tanatocenosi. Tutte le aree investigate risultano impattate dalla presenza di rifiuti marini, prevalentemente costituiti da oggetti in plastica, metallo e attrezzi da pesca persi, con documentata interazione con gli organismi marini (Fig. 1i-l).

Conclusioni – Questo studio fornisce nuove evidenze ecologiche sui *seamounts* e sui banchi del Canale di Sicilia, aggiornando la distribuzione di specie chiave in un'area già riconosciuta di elevato valore biologico ed ecologico (CBD EBSA). Le indagini, che hanno interessato anche sei *seamounts* mai caratterizzati prima, confermano l'elevata biodiversità e la notevole eterogeneità di habitat che contraddistinguono questi ambienti profondi. Tra i risultati più rilevanti si segnalano la presenza di estesi campi di *F. quadrangularis*, specie vulnerabile e protetta che mostra densità elevate e costanti, con colonie particolarmente sviluppate nel Banco di Euridice. Un risultato di grande rilievo è il ritrovamento di abbondanti colonie di corallo rosso a 900 m di profondità, che risulta il record più profondo finora documentato nelle acque italiane (Toma *et al.*, 2022). Su questo stesso *seamount* (Alfil-Linosa III) è di grande interesse la co-occorrenza di coralli bianchi, coralli neri e corallo rosso in ambienti batiali. Le esplorazioni hanno anche permesso di osservare una distribuzione diffusa, seppur non densa, di Keratoisididae (*bamboo corals*), in pericolo critico di estinzione. Come rilevato in precedenti studi (Bo *et al.*, 2020; Angiolillo & Fortibuoni, 2021), tutti i *seamounts* risultano interessati da una presenza significativa di rifiuti marini e attrezzi da pesca abbandonati, evidenziando l'impatto delle attività antropiche anche in aree remote e profonde. I risultati ottenuti contribuiscono in modo sostanziale ad ampliare le conoscenze sulla distribuzione e sull'ecologia di specie chiave e vulnerabili profonde del Mediterraneo, migliorando la comprensione dei processi ecologici che regolano la loro crescita nonché la loro resilienza agli impatti rilevati. L'aggiornamento della distribuzione su larga scala di numerosi taxa profondi, oltre a fornire nuove basi per l'analisi biogeografica del bacino, rappresenta un supporto concreto alla definizione di opportune misure di gestione e conservazione, incluse le proposte di istituzione di aree protette marine d'alto mare (Siti Natura 2000, Habitat 1170 – Reef). Nel complesso, lo studio contribuisce ad ampliare le conoscenze sugli ecosistemi bentonici profondi italiani e mediterranei, rafforzando nel contempo la ricerca nazionale in ambito marino e favorendo l'instaurarsi di nuove sinergie scientifiche a livello nazionale e internazionale.

References

- ANGIOLILLO M., FORTIBUONI T. (2020) - Impacts of marine litter on Mediterranean reef systems: from shallow to deep waters. *Front. Mar. Sci.*, **7**: 581966.
- BO M, COPPARI M, BETTI F, et al. (2020) - The high biodiversity and vulnerability of two Mediterranean bathyal seamounts support the need for creating offshore protected areas. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst.*, **31** (3): 543–566. <https://doi.org/10.1002/aqc.3456>
- PENNA M. (2024) - Marine ecosystem restoration - MER, Il progetto PNRR per conoscere, proteggere e restaurare gli habitat marini. *Biol. Mar. Mediterr.*, **29** (1): 21–26. <https://doi.org/10.82008/bmm.v29i1.299>
- TOMA M., BO, M., CATTANEO-VIETTI, R., CANESE, S., CANESSA, M., CANNAS, R., et al. (2022) - Basin-scale occurrence and distribution of mesophotic and upper bathyal red coral forests along the Italian coasts. *Mediterr. Mar. Sci.* **23** (3): 484–498. <https://doi: 10.12681/mms.28052>
- WÜRTZ, M., ROVERE, M. (2015) - Atlas of the Mediterranean seamounts and seamount-like structures (p. 276). Gland, Switzerland and Málaga, Spain: IUCN. <https://www.iucn.org/content/atlas-mediterraneanseamounts-and-seamount-structures>