



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
TUSCIA



Università degli Studi della Tuscia di Viterbo

Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche

in convenzione con la Stazione Zoologica 'Anton Dohrn' di Napoli

Corso di Dottorato di Ricerca in

Ecologia e gestione sostenibile delle risorse ambientali - XXXVI Ciclo

**The use of spatial ecology in marine spatial planning:
the case study of *Hippocampus hippocampus* (Linnaeus,
1758) and *Hippocampus guttulatus* (Cuvier, 1829)**

S.S.D. BIOS-05/A

Tesi di dottorato di:

Dott. Raffaele Panzuto

Tutore:

Prof. Daniele Canestrelli

Co-tutori

Dott.sa Claudia Gili

Coordinatore del corso:

Prof. Massimiliano Fenice

Prof. Luigi Musco

Dott. Luciano Bosso

Abstract

Conservation initiatives aim to safeguard species, restore habitats, and address various threats, including habitat loss, climate change, and unsustainable resource exploitation. These initiatives heavily depend on the collection of ecological data from natural environments to facilitate biodiversity management and enhance resilience through informed decision-making. The use of animals is often essential for studying ecosystem dynamics, species ecology, and effective management strategies in light of increasing human pressures. Consequently, field research conducted in natural habitats, alongside captive breeding programs, remains vital for tackling complex global ecological challenges.

Projects involving live animals yield critical insights into effective management practices. However, ethical considerations take on significant importance, particularly concerning protected species. It is essential that research protocols prioritize animal welfare while also achieving scientific goals. Nevertheless, conducting animal research introduces a range of ethical, legal, and practical challenges, and conventional laboratory systems may not be suitable for all species.

This work examines the feasibility of conservation research projects focusing on marine fish from both legislative and practical standpoints. It evaluates current regulations, animal welfare issues, and conservation outcomes. As case studies, the iconic Mediterranean species *Hippocampus hippocampus* and *H. guttulatus* are analyzed to derive best practice recommendations. These insights aim to provide researchers with practical guidance for designing scientific projects within marine conservation studies.

Seahorses, categorized under the genus *Hippocampus*, are exceptional marine organisms celebrated for their distinctive morphology and intriguing reproductive behaviors. This investigation focuses on two native Italian species, *H. guttulatus* and *H. hippocampus*, aiming to enhance our understanding of their distribution, habitat preferences, and the anthropogenic threats they face. Utilizing a citizen science approach, we collected 115 presence records from various Italian diving centers, which were systematically analyzed using Geographic Information Systems (GIS) and Species Distribution Models (SDMs).

Our findings reveal a continuous suitable habitat for both species along the Italian coastlines; however, significant gaps are evident in the central Adriatic Sea. The ecological niches of the two species were found to exhibit similarities, yet distinct habitat preferences emerged. Human activities, particularly fishing, were observed to impact 35% of the habitat suitability for *H. guttulatus* and 41% for *H. hippocampus*. Alarmingly, only 25% to 30% of their potential distributions are currently protected under Italy's conservation frameworks, indicating a pressing need for enhanced protective measures.

Additionally, we explore the role of geoportals in Marine Spatial Planning (MSP), emphasizing their potential to support biodiversity management and conservation efforts. Our analysis of 145 geoportals highlights a growing interest in these tools, particularly in Europe and Asia, which can facilitate the integration of spatial data for effective marine resource management. By enhancing accessibility to geospatial information, geoportals can play a crucial role in decision-making processes, ensuring the sustainable use of marine ecosystems while safeguarding vulnerable species like seahorses.

This research underscores the critical importance of integrating citizen science, spatial ecology, and geoportal technology in marine conservation initiatives. It advocates for targeted research and strategic management efforts aimed at preserving seahorse populations and their habitats amid increasing anthropogenic pressures and climate change, ensuring the resilience of marine biodiversity for future generations.

Keywords: European seahorses; Conservation; Seahorse distribution model; Animal welfare; Geoportals, Marine citizen science.

Riassunto

Le iniziative di conservazione mirano a salvaguardare le specie, ripristinare gli habitat e affrontare varie minacce, inclusa la perdita di habitat, i cambiamenti climatici e lo sfruttamento insostenibile delle risorse. Queste iniziative dipendono fortemente dalla raccolta di dati ecologici provenienti dagli ambienti naturali per facilitare la gestione della biodiversità e migliorare la resilienza attraverso decisioni informate. L'uso degli animali è spesso essenziale per studiare la dinamica degli ecosistemi, l'ecologia delle specie e le strategie di gestione efficaci in un contesto di crescente pressione umana. Di conseguenza, la ricerca sul campo condotta negli habitat naturali, insieme ai programmi di allevamento in cattività, rimane vitale per affrontare complesse sfide ecologiche globali.

I progetti che coinvolgono animali vivi forniscono approfondimenti critici sulle pratiche di gestione efficaci. Tuttavia, le considerazioni etiche assumono una significativa importanza, in particolare per quanto riguarda le specie protette. È essenziale che i protocolli di ricerca diano priorità al benessere degli animali, raggiungendo al contempo obiettivi scientifici. Tuttavia, condurre ricerche sugli animali introduce una serie di sfide etiche, legali e pratiche, e i sistemi di laboratorio convenzionali potrebbero non essere adatti a tutte le specie.

Questo lavoro esamina la fattibilità dei progetti di ricerca sulla conservazione incentrati sui pesci marini da un punto di vista legislativo e pratico. Valuta le normative attuali, le questioni relative al benessere degli animali e i risultati della conservazione. Come casi studio, sono analizzate le iconiche specie mediterranee *Hippocampus hippocampus* e *Hippocampus guttulatus* per derivare raccomandazioni sulle migliori pratiche. Queste intuizioni mirano a fornire agli scienziati indicazioni pratiche per progettare progetti scientifici all'interno degli studi di conservazione marina.

I cavallucci marini, classificati sotto il genere *Hippocampus*, sono organismi marini eccezionali celebrati per la loro morfologia distintiva e intriganti comportamenti riproduttivi. Questa indagine si concentra su due specie native italiane, *H. guttulatus* e *H. hippocampus*, mirando a migliorare la nostra comprensione della loro distribuzione, delle preferenze dell'habitat e delle minacce antropogeniche che affrontano. Utilizzando un approccio di citizen science, abbiamo raccolto 115 registrazioni di presenza da vari centri di immersione italiani, che sono stati analizzati sistematicamente utilizzando Sistemi Informativi Geografici (GIS) e Modelli di Distribuzione delle Specie (SDM).

I nostri risultati rivelano un habitat adatto continuo per entrambe le specie lungo le coste italiane; tuttavia, si evidenziano significative lacune nel Mar Adriatico centrale. Le nicchie ecologiche delle due specie mostrano alcune somiglianze, ma emergono preferenze abitative distinte. Le attività umane, in particolare la pesca, hanno avuto un impatto sul 35% dell'idoneità dell'habitat per *H. guttulatus* e sul 41% per *H. hippocampus*. Sconcertante è il fatto che solo il

25% al 30% delle loro potenziali distribuzioni è attualmente protetto dai quadri di conservazione italiani, indicando un urgente bisogno di misure protettive potenziate.

Inoltre, esploriamo il ruolo dei geoportali nella Pianificazione Spaziale Marina (MSP), sottolineando il loro potenziale per sostenere la gestione della biodiversità e gli sforzi di conservazione. La nostra analisi di 145 geoportali evidenzia un crescente interesse per questi strumenti, in particolare in Europa e Asia, che possono facilitare l'integrazione dei dati spaziali per una gestione efficace delle risorse marine. Migliorando l'accessibilità alle informazioni geospaziali, i geoportali possono svolgere un ruolo cruciale nei processi decisionali, garantendo l'uso sostenibile degli ecosistemi marini e salvaguardando specie vulnerabili come i cavallucci marini.

Questa ricerca sottolinea l'importanza critica di integrare la citizen science, l'ecologia spaziale e la tecnologia dei geoportali nelle iniziative di conservazione marina. Essa sostiene la ricerca mirata e gli sforzi di gestione strategica volti a preservare le popolazioni di cavallucci marini e i loro habitat di fronte all'aumento delle pressioni antropogeniche e ai cambiamenti climatici, garantendo la resilienza della biodiversità marina per le generazioni future.

Parole chiave: Cavallucci marini europei; Conservazione; Modello di distribuzione dei cavallucci marini; Benessere animale; Geoportali; Scienza dei cittadini marina.