

Gestione Integrata delle Reti Ecologiche attraverso i Parchi e le Aree Marine

GIREPAM

Componente T1 - Piani di azione transfrontalieri e azioni pilota

T1.2.3 - Approfondimento delle conoscenze sullo stato di habitat e specie in siti di indagine del partenariato e indicazioni gestionali condivise

T1.2.3d - Indagini ecologiche su habitat e specie protette in Sardegna

Dicembre 2019

Progetto GIREPAM “Gestione Integrata delle Reti Ecologiche attraverso i Parchi e le Aree Marine)”

CUP: E76J16001050007

Componente T1 “Piani di azione transfrontalieri e azioni pilota”.

Attività T1.2 “Elaborazione di Piani di Azione transfrontalieri (PdA) per la tutela e gestione di habitat e specie dell’ambito marino-costiero”.

Prodotto T1.2.3d “Indagini su fattori di disturbo antropico su habitat e specie protette in Sardegna”.

Dicembre 2019

Partner: Fondazione IMC Onlus

Unità operativa

Simone Farina, IMC - International Marine Centre

Daniele Grech, IMC - International Marine Centre

Ivan Guala, IMC - International Marine Centre i.guala@fondazioneimc.it

Stefania Pinna, IMC - International Marine Centre

David Cabana, IMC - International Marine Centre

Questo lavoro deve essere citato come:

Guala I., Grech D., Pinna S., Cabana D., Farina S. 2019. Indagini su fattori di disturbo antropico su habitat e specie protette in Sardegna. Progetto GIREPAM - Gestione Integrata delle Reti Ecologiche attraverso i Parchi e le Aree Marine. Rapporto Tecnico Fondazione IMC – Centro Marino Internazionale ONLUS, 6: 2019, 27 pp.

**Fondazione IMC Onlus
International Marine Centre**

Loc. Sa Mardini, Torregrande, 09170 – Oristano (Italia)

Anagrafe Nazionale Ricerche cod. 11881273

web: <http://www.fondazioneimc.it>

Premessa

Il progetto GIREPAM è stato concepito allo scopo di migliorare e innovare la governance e la gestione delle aree marino-costiere da parte di Regioni e Enti Gestori e di contribuire ad arrestare la perdita di biodiversità e il degrado dei servizi ecosistemici.

L'obiettivo generale del progetto è l'elaborazione di una strategia transfrontaliera condivisa per la gestione integrata della rete ecologica marino-costiera presente nel territorio di cooperazione Italia – Francia che include le regioni Sardegna, Toscana, Liguria, Corsica e Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA). Tale strategia prevede la realizzazione di tre obiettivi specifici:

1. Migliorare lo stato di conservazione e la valorizzazione degli ambiti marino costieri (comprese zone umide costiere e zone foci di transizione) e indirizzare l'accessibilità del pubblico all'offerta naturale;
2. Migliorare l'efficacia dell'azione pubblica nella governance e nella pianificazione degli ambiti marino costieri dello spazio di cooperazione;
3. Aumentare la consapevolezza del valore economico del capitale naturale e favorire la crescita "green & blue".

In particolare, l'obiettivo specifico 1 prevede l'elaborazione di piani di azione transfrontalieri che garantiscano un approccio comune per la tutela di habitat e specie di interesse presenti negli ambiti marino-costieri indagati. Un tale obiettivo presuppone una profonda conoscenza delle caratteristiche strutturali e funzionali degli habitat e specie di interesse, la comprensione dei processi ecologici alla base del loro mantenimento in uno stato di conservazione ottimale, nonché la percezione del loro valore ecologico, economico e sociale per i territori su cui ricadono.

Pertanto, nell'ambito della Componente **T1 (Piani di azione transfrontalieri e azioni pilota)**, dell'attività **T1.2 (Elaborazione di Piani di Azione transfrontalieri (PdA) per la tutela e gestione di habitat e specie dell'ambito marino-costiero)**, e del prodotto **T1.2.3d (Documenti di analisi del disturbo da attività antropiche su habitat e specie e definizione di indirizzi gestionali)**, sono state realizzate attività di ricerca sugli effetti congiunti che le misure di tutela e le attività economiche hanno sui processi ecologici che guidano le dinamiche degli ecosistemi bentonici in habitat target, 1120 (Praterie di *Posidonia oceanica*) e 1170 (Scogliere). Inoltre, sono state realizzate attività di mappatura e censimento delle comunità litorali di fondo roccioso (habitat 1170 Scogliere) con particolare attenzione alle specie macroalgali del genere *Cystoseira* e alla valutazione dello stato ecologico dei corpi idrici mediante l'applicazione di indici biologici. Le indagini sono state realizzate in due aree marine protette della Sardegna (AMP Tavolara Punta Coda Cavallo e AMP Penisola del Sinis Isola di Mal di Ventre) con lo scopo di fornire elementi utili alla valutazione degli effetti che le attività antropiche hanno sui processi ecologici e sulla qualità dell'ambiente marino.

Infine, sull'intero territorio regionale, è stata sviluppata una attività con approccio *Citizen Science*, attraverso il coinvolgimento di subacquei e appassionati volontari, finalizzata alla

raccolta di dati sulla presenza e la distribuzione di *Pinna nobilis* (nacchera di mare) sopravvissuta all'infezione che ha colpito questa specie in tutto il Mar Mediterraneo.

Le attività sono state realizzate attraverso tre distinti task.

Task 1. Valutazione dell'intensità della pressione di predazione sulle popolazioni del riccio di mare nell'Area Marina Protetta di Tavolara Punta Coda Cavallo. La pressione esercitata dai predatori sulle popolazioni del riccio di mare, specie chiave che controlla la struttura degli habitat prioritari, è stata valutata in relazione a diversi gradi di tutela e alla prossimità degli impianti di maricoltura presenti nel Golfo di Olbia e Golfo Aranci.

Task 2. Mappatura e monitoraggio delle comunità litorali di fondo roccioso nell'Area Marina Protetta Penisola del Sinis Isola di Mal di Ventre. Le attività sono state finalizzate all'implementazione del database GIS, attraverso l'acquisizione di dati e immagini ad alta risoluzione per la stima di distribuzione e abbondanza delle comunità di fondo roccioso (habitat 1170), e alla realizzazione di modelli digitali del terreno (DTM). Inoltre è stato valutato lo stato ecologico dei corpi idrici mediante l'applicazione dell'indice CARLIT.

Task 3. "*Pinna nobilis* – ricerca per la sopravvivenza": un'iniziativa Citizen Science per tracciare la mortalità di massa di *Pinna nobilis* in Sardegna. L'attività è stata realizzata, anche con il coinvolgimento delle aree marine protette della Sardegna e del Servizio tutela della natura e politiche forestali della Regione Sardegna, attraverso la realizzazione di materiale divulgativo, campagne di formazione e un modulo di compilazione dati on-line per le segnalazioni, per costituire una rete di cittadini coinvolti nella ricerca di esemplari vivi di *Pinna nobilis* lungo le coste meno esplorate della Sardegna.

Task 1

Valutazione dell'intensità della pressione di predazione sulle popolazioni del riccio di mare nell'Area Marina Protetta di Tavolara Punta Coda Cavallo

Con il contributo di: Giulia Ceccherelli (Università di Sassari), Luigi Piazza (Università di Sassari), Marco Masala (Università di Sassari / IMC International Marine Centre), Chiara Roselli (Università di Sassari / IMC International Marine Centre)

Introduzione

Il riccio di mare *Paracentrotus lividus* è un tra i più importanti erbivori dei substrati rocciosi e delle praterie di *Posidonia oceanica* che afferiscono rispettivamente agli habitat prioritari 1170 e 1120 della direttiva Habitat. Si tratta di una specie funzionale degli ecosistemi sublitorali mediterranei poiché, con la sua attività di pascolo, determina la composizione e l'abbondanza delle comunità di macrofite (Sala et al., 1998). Infatti, importanti variazioni dell'abbondanza e della taglia media dei ricci possono tradursi in alterazioni delle funzioni ecologiche delle popolazioni e delle interazioni con altre specie, con effetti negativi per l'intera comunità bentonica e per la biodiversità (Sala et al., 1998; Guidetti et al., 2004; Guidetti e Sala, 2007).

L'intensità del pascolo del riccio è, a sua volta, controllata attraverso la predazione. Tra i principali predatori di ricci in Mediterraneo, gli Sparidi, in particolare *Diplodus sargus*, *D. vulgaris* e *Sparus aurata*, sono cacciatori preferenziali delle classi di taglia piccole e medie (3-5 cm; Sala e Zabala, 1996; Guidetti et al., 2004). Esistono anche predatori di fondo il cui effetto sulle popolazioni di ricci è ancora poco conosciuto come per esempio alcune specie di gasteropodi (es. i murici *Hexaplex trunculus*; Farina et al., 2016) e di echinodermi (es. le stelle di mare *Marthasterias glacialis*; Bonaviri et al., 2009; Gianguzza et al., 2009).

Le interazioni trofiche predatori-ricci possono essere fortemente alterate dalla sovra-pesca dei predatori con importanti conseguenze indirette sulla biodiversità delle comunità bentoniche dovuta al sovra-pascolo (Sala et al., 1998). Al contrario, nelle aree marine protette, l'effetto riserva può influenzare l'intensità delle interazioni predatore-preda poiché all'aumentare di abbondanza e biomassa dei pesci aumenta, per i ricci, il rischio di predazione. Potenziali effetti indiretti sulle interazioni trofiche possono essere associati anche all'acquacoltura, in particolare agli impianti di itticultura e molluschicoltura (es. Inglis e Gust 2003; Wilding e Nickell 2013) che spesso, in Mediterraneo, si trovano in prossimità di aree protette.

In questo studio le interazioni trofiche predatore-riccio sono state stimate attraverso la valutazione del controllo *top-down* esercitato dal *pool* di predatori sulle popolazioni locali di ricci nei diversi livelli di protezione dell'Area Marina Protetta Tavolara Punta Coda Cavallo (Sardegna orientale) e in aree limitrofe, dove impianti di mitilicoltura e allevamenti ittici sono attivi da decenni. In particolare, l'attività di predazione sul riccio di mare è stata valutata in relazione all'effetto riserva e agli impianti di acquacoltura per valutare la funzionalità degli ecosistemi in habitat prioritari 1120 e 1170. L'obiettivo finale era acquisire conoscenze e informazioni utili per adottare appropriate strategie di gestione della pesca del riccio di mare

e per calibrare la regolamentazione del prelievo all'interno dell'AMP, in un contesto di interazioni multiple tra attività antropiche.

Metodi

I siti di studio (figura 1) sono stati selezionati nelle zone A (Tavolara e Molarotto), B (Tavolara e Molarata), C (Porto San Paolo e Punta Coda Cavallo) e in zone limitrofe all'AMP esterne ai vincoli di tutela (Capo Figari, Capo Ceraso Nord). Per ogni sito, alla profondità di circa -5 m, sono state selezionate due stazioni per controllare la variabilità del processo di predazione dovuta a possibili fattori locali (Guidetti e Sala, 2007). In ogni stazione sono stati considerati gli habitat prioritari 1120 (praterie di *Posidonia oceanica*) e 1170 (Scogliere), questi ultimi rappresentati da fondi rocciosi con alghe infralitorali fotofile. Nelle stazioni in zona A e a Capo Figari (zona esterna) sono stati considerati esclusivamente i fondi rocciosi in assenza di praterie di *P. oceanica* alla profondità indagata.

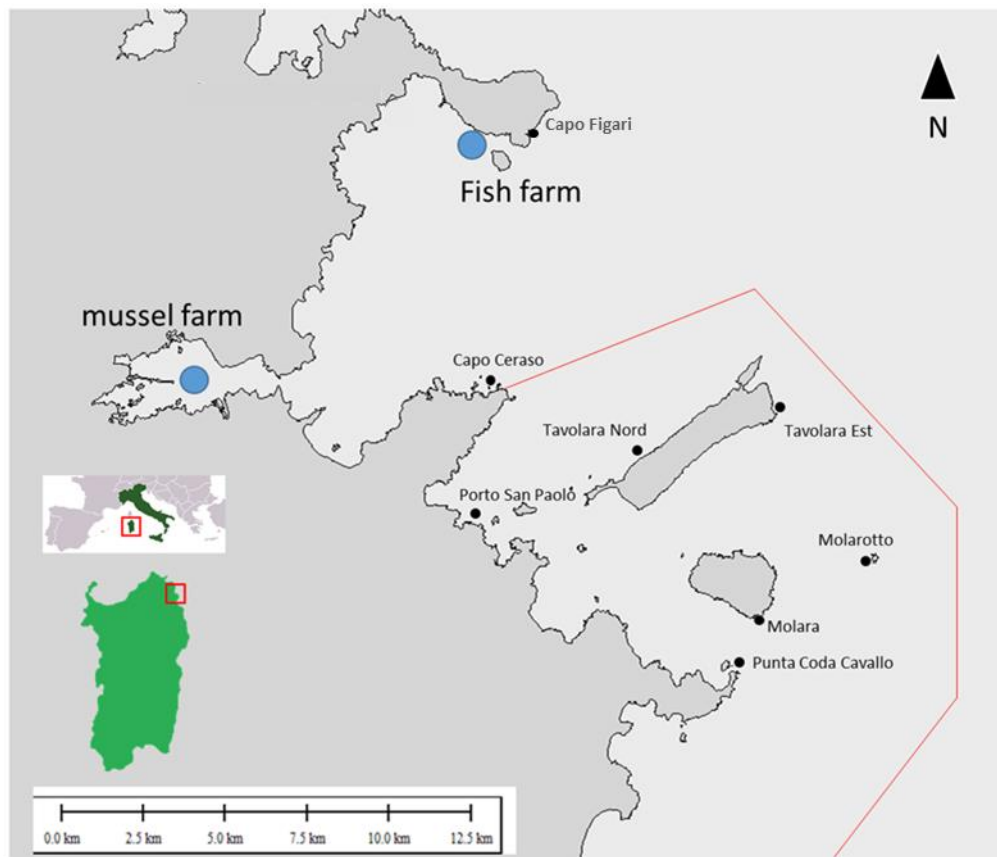


Figura 1. Area di studio e siti di indagine.

La densità dei ricci (numero di individui per m²) è stata valutata su 3 repliche (superfici di 5 m²) dalle quali sono stati raccolti e misurati tutti i ricci presenti (Guala et al., 2019). Le densità sono state poi convertite in biomassa sulla base di valori del peso umido e di taglie stimate in laboratorio.

La biomassa dei predatori è stata valutata sulla base di informazioni di letteratura e su dati raccolti in campo. In particolare, per gli Sparidi, le biomasse sono state ottenute attraverso specifiche conversioni (Morey et al., 2003) dei dati di abbondanza di pregressi censimenti visivi (Guidetti et al., 2014 technical report). Per i predatori di fondo, in particolare per i Gasteropodi, sono state utilizzate delle trappole con esche simili a nasse, 3 repliche per ciascuna stazione in ciascuno dei due habitat. Per gli individui raccolti le stime di biomassa sono state ottenute dalla relazione peso-lunghezza definita da Elhasni et al. (2018).

La stima dei tassi di predazione nelle diverse zone e nei due habitat è stata effettuata durante la tarda estate quando l'attività dei predatori è massima (Sala, 1997). Per ogni habitat, 14 ricci di mare di taglia potenzialmente vulnerabile compresa tra 3 e 5 cm di diametro circa (Sala e Zabala, 1996; Guidetti et al., 2004) sono stati marcati e posizionati casualmente con la tecnica del *tethering*. Questa tecnica, ampiamente utilizzata in ecologia sperimentale come metodo di marcatura e limitazione, è utile per confrontare la predazione di diverse specie in vari ecosistemi e condizioni (Boada et al., 2015).

La predazione sui ricci marcati è stata controllata quotidianamente e la stima di sopravvivenza è stata calcolata in una finestra di 15 giorni di osservazione in funzione della velocità di risposta della comunità locale dei predatori. La pressione di predazione è stata descritta attraverso il confronto delle curve di sopravvivenza tra i siti e gli habitat (es. Farina et al., 2014). Il tasso finale di sopravvivenza di ogni individuo è descritto come il rapporto tra il numero di giorni sopravvissuti e quelli totali di osservazione. Mentre il tasso di predazione è espresso come 1 - tasso di sopravvivenza.

Il tipo di predatore è stato classificato in funzione della modalità di attacco subito dal riccio: il ritrovamento del filo di nylon con il nodo integro ma senza il riccio o la presenza di resti di esoscheletro frantumato sono il risultato di un attacco da parte di pesci predatori, mentre la presenza di fori nell'esoscheletro rivelano attacchi di predatori bentonici appartenenti alla Classe dei Gasteropodi (es. Bonaviri et al. 2009; Farina et al. 2016 figura 18).

Infine un modello GLMM è stato realizzato per correlare la biomassa naturale dei ricci determinata attraverso il censimento realizzato nelle distinte aree di studio (Guala et al., 2019) con il tasso di predazione stimato durante questo studio e con la biomassa di sparidi stimata attraverso precedenti censimenti visivi (Guidetti et al. 2014).

Risultati

La biomassa dei predatori nelle zone a diverso grado di tutela è riportata in figura 2. Gli sparidi sono rappresentati in prevalenza da *Diplodus* spp., mentre i predatori di fondo da *Hexaplex trunculus*. Per gli sparidi i valori massimi di biomassa sono stati rilevati nelle zone a protezione totale, i minimi al di fuori dell'AMP; per i murici i valori di biomassa hanno mostrato un andamento opposto.

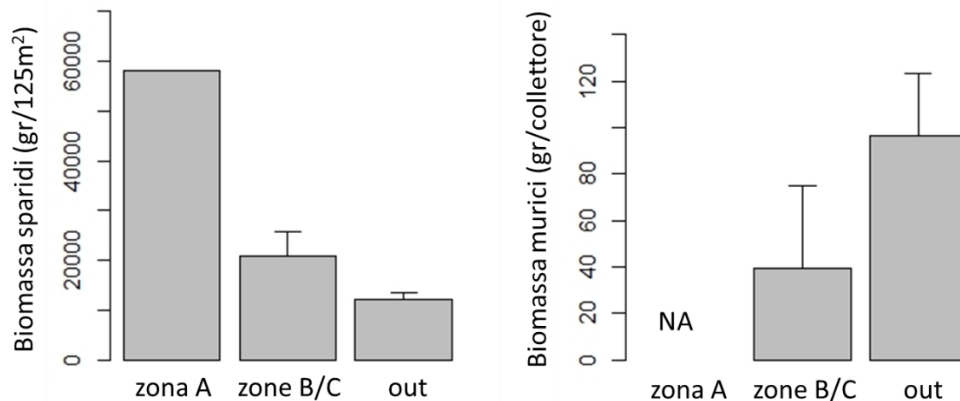


Figura 2. Biomasse dei principali predatori rilevati nelle zone a diverso grado di tutela (pesci a sx, murici a dx).

Le curve di sopravvivenza che rappresentano l'attività predatoria nel periodo di osservazione di 15 giorni evidenziano differenze significative tra i due habitat considerati (figura 3). La sopravvivenza risulta più elevata nell'habitat *P. oceanica* a confermare l'effetto rifugio offerto dalla copertura fogliare nei confronti dei predatori visuali, ossia i pesci (Farina et al. 2009). In *P. oceanica*, il tasso finale di sopravvivenza si mantiene sempre al di sopra del 75% in tutti i siti di indagine (figura 4). Nell'habitat roccioso è presente invece una elevata variabilità tra i siti e anche tra i livelli di protezione. In particolare è evidente un'elevata pressione nella zona A di Tavolara (oltre l'80%) e la quasi assenza di predazione nelle zone B sia di Tavolara che di Molaro (figura 5).

In Zona A, così come nelle zone esterne all'AMP, oltre il 70% dei ricci posizionati sono stati consumati da pesci predatori. Nelle zone B e C è stato registrato un tasso di predazione mediamente più basso (29%), con un picco di attività dei predatori di fondo nell'habitat *P. oceanica* (14%) e dei pesci predatori sugli habitat rocciosi (71%), entrambi in zona C. L'attività di predazione si è manifestata prevalentemente su roccia e presumibilmente a causa di sparidi ma con una variabilità significativa in relazione al livello di protezione (figura 6 e tabella 1). In nessun caso sono state rilevate importanti attività da parte di predatori di fondo (es. Gasteropodi) che invece è noto possano agire localmente (Farina et al., 2016). Da evidenziare il basso tasso di predazione stimato in zona B. In figura 7 sono riportati alcuni esempi di attacchi da parte di pesci e gasteropodi.

La biomassa naturale di ricci si correla significativamente con i tassi di predazione stimati attraverso il thettering (p value 0.0052) oltre che con la biomassa di sparidi stimata attraverso il visual census (p value 0.0377).

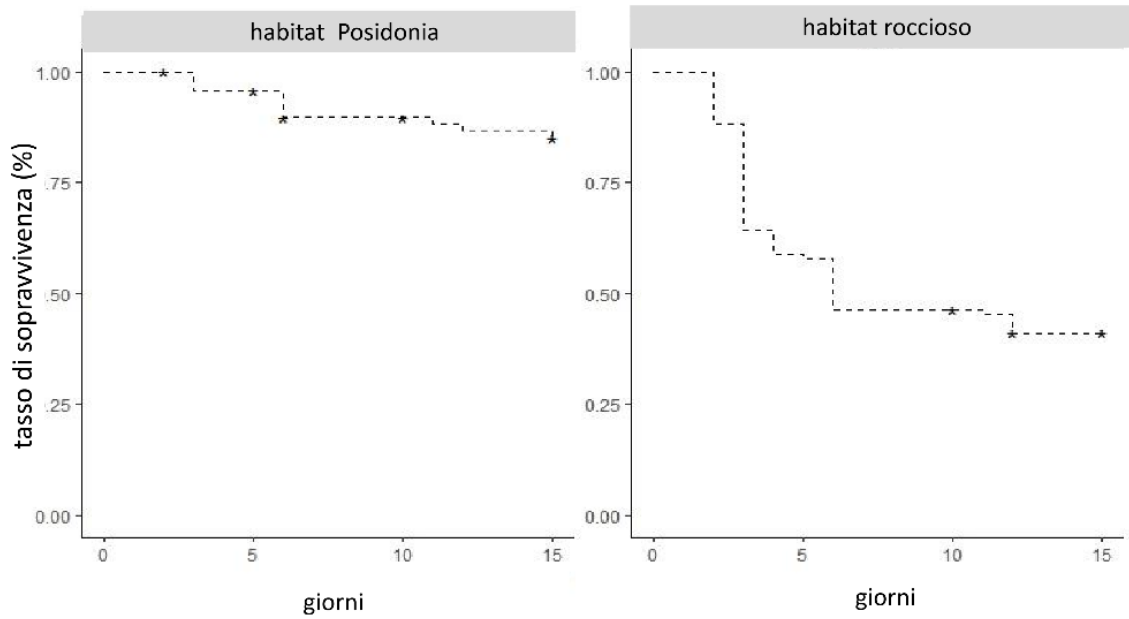


Figura 3. Curve di sopravvivenza nei due habitat indagati.

Habitat Posidonia

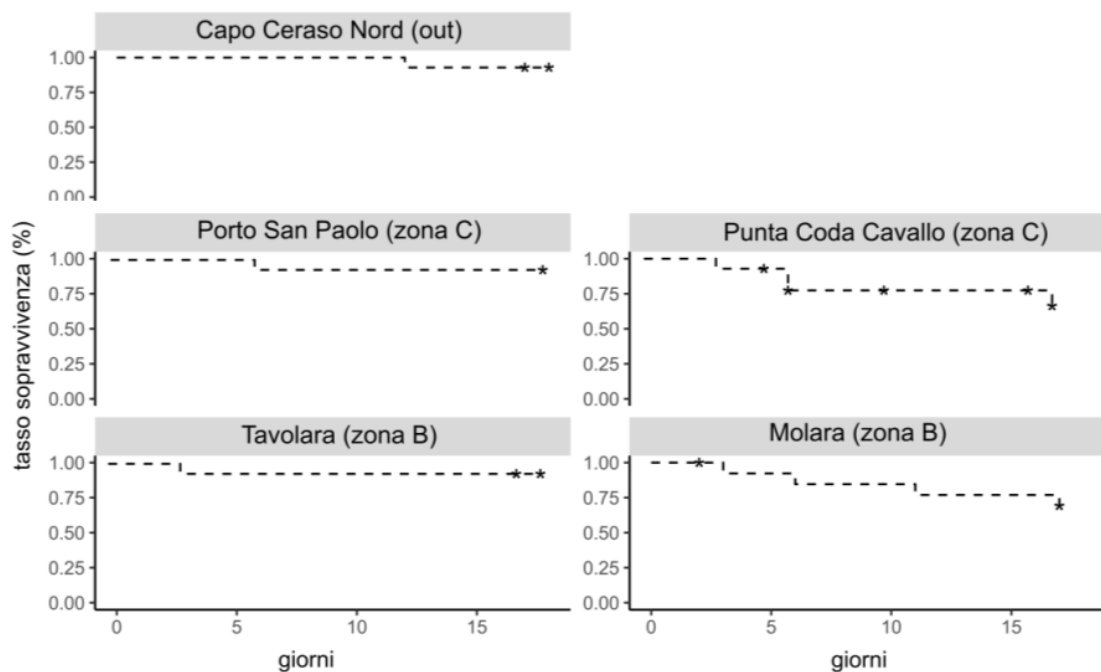


Figura 4. Curve di sopravvivenza nei siti indagati su *P. oceanica*.

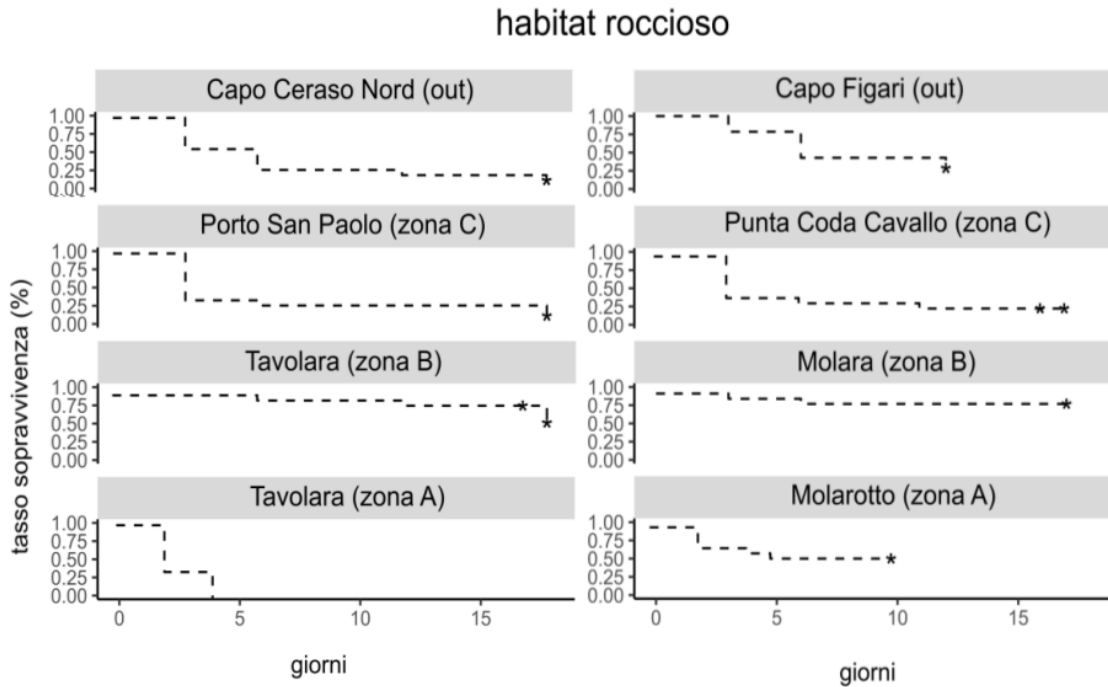


Figura 5. Curve di sopravvivenza nei siti indagati su habitat roccioso.

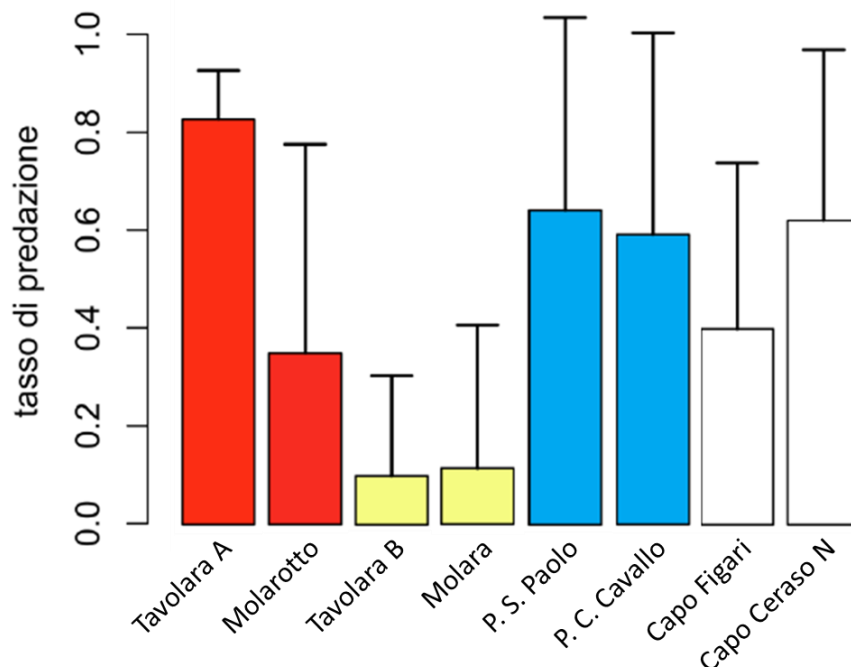


Figura 6. Valori medi del tasso di predazione nelle le diverse zone indagate (rosso = zona A; giallo = zona B; celeste = zona C; bianco = out).

Tabella 1. Tassi di sopravvivenza e di tipo di predazione per habitat e per livello di protezione.

zona	habitat	sopravvissuti (%)	predazione per gasteropodi (%)	predazione per pesci (%)
zone A	roccia	28.6	0.0	71.4
	<i>P. oceanica</i>	0.0	0.0	0.0
zone B	roccia	85.7	3.6	10.7
	<i>P. oceanica</i>	75.0	3.6	10.7
zone C	roccia	28.6	0.0	71.4
	<i>P. oceanica</i>	75.0	14.3	0.0
zone esterne	roccia	25.0	0.0	75.0
	<i>P. oceanica</i>	42.9	0.0	3.6



Figura 6. Evidenze di attacco da parte di pesci (sx) e murici (dx).

Discussione

Come atteso, l'analisi di sopravvivenza ha rivelato un'elevata attività di predazione da pesci nell'habitat roccioso nelle zone a protezione totale (zona A) dove la biomassa ittica è maggiore. Nella zona B è stato registrato un tasso di predazione mediamente più basso che in zona C, mentre valori sorprendentemente elevati sono stati rilevati al di fuori dell'AMP, nonostante i valori di biomassa degli sparidi, stimati con i censimenti visivi, fossero inferiori in virtù della mancanza di protezione.

Al contrario, la biomassa dei predatori di fondo era significativamente più alta fuori dall'AMP, nelle stazioni più prossime agli impianti di mitilicoltura, probabilmente in virtù della loro propensione al consumo di bivalvi allevati (Sawyer et al., 2009). Tuttavia, sebbene precedenti indagini abbiano evidenziato come i predatori di fondo siano particolarmente attivi in altre zone dell'AMP (Farina et al., 2016), in questo studio il loro impatto sui tassi di predazione è

risultato trascurabile sia in *P. oceanica* sia negli habitat rocciosi, indipendentemente dal livello di protezione.

I risultati suggeriscono come gli Sparidi del genere *Diplodus* siano particolarmente attivi negli habitat rocciosi mentre la quasi assenza di predazione in *P. oceanica* conferma come le praterie rappresentino un efficace rifugio verso la predazione visuale (Farina et al. 2009). Inoltre, l'elevato tasso di predazione riscontrato nelle zone esterne all'AMP suggerisce un potenziale effetto *spillover* dei predatori non è associati all'habitat come, ad esempio, *Sparus aurata* (Farina et al. 2014; Farina in prep.). Questa specie ad alta mobilità, fortemente attratta dagli impianti di mitilicoltura (Glamuzina et al., 2014), potrebbe essere la causa dell'alta pressione da pesci predatori riscontrata nelle zone esterne all'AMP e potrebbe influenzare la distribuzione di *P. lividus*, anche nelle aree vicine.

In definitiva, questo studio evidenzia l'importanza delle interazioni tra diverse attività umane (qui rappresentate dalle misure di tutela adottate nell'AMP e dalle attività di maricoltura) nell'influenzare il processo di predazione e la necessita di valutarne gli effetti ai fini dell'adozione di appropriate strategie di gestione della pesca del riccio di mare.

Letteratura citata

- BOADA J. ARTHUR R., FARINA S., SANTANA Y., MASCARO O., ROMERO J. ALCOVERRO T. (2015). Hotspots of predation persist outside marine reserves in the historically fished Mediterranean Sea. *Biological Conservation* 191: 67-74.
- BONAVIRI C., VEGA FERNÁNDEZ T., BADALAMENTI F., GIANGUZZA P., DI LORENZO M., RIGGIO S. (2009). Relative role of fish vs. starfish predation in controlling sea urchin populations in Mediterranean rocky shores. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 382: 129-138.
- ELHASNI K., VASCONCELOS P., GHORBEL M., JARBOUI O. (2018). Comparison of weight-length relationships and relative growth between intertidal and offshore populations of *Hexaplex trunculus* (Gastropoda: Muricidae) from the Gulf of Gabès (southern Tunisia). *Biologia*. <https://doi.org/10.2478/s11756-018-0021>
- FARINA S., ARTHUR R., PAGÈS J.F., PRADO P., ROMERO J., VERGÈS A., HYNDES G., HECK K.L., GLENOS S., ALCOVERRO T. (2014). Differences in predator composition alter the direction of structure-mediated predation risk in macrophyte communities. *Oikos* 123:1311-1322 DOI 10.1111/oik.01382.
- FARINA S., GUALA I., OLIVA S., PIAZZI L., PIRES DA SILVA R., CECCHERELLI G. (2016). The seagrass effect turned upside down changes the prospective of sea urchin survival and landscape implications. *PLoS One* 11, e0164294. DOI 10.1371/journal.pone.0164294.
- FARINA S., TOMAS F., PRADO P., ROMERO J., ALCOVERRO T., 2009. Seagrass meadow structure alters interactions between the sea urchin *Paracentrotus lividus* and its predators. *Marine Ecology Progress Series*. 377: 131-137.
- GIANGUZZA P., BADALAMENTI F., GIANGUZZA F., BONAVIRI C., RIGGIO S. (2009) - The operational sex ratio of the sea urchin *Paracentrotus lividus* populations: the case of the Mediterranean marine protected area of Ustica Island (Tyrrhenian Sea, Italy). *Marine Ecology*, 30: 125-132

- GLAMUZINA B., PEŠIĆ A., JOKSIMOVIĆ A., GLAMUZINA L., MATIĆ-SKOKO S., CONIDES A., KLAUDATOS D., ZACHARAKI P. (2014). Observations on the increase of wild gilthead sea.bream, *Sparus aurata* abundance, in the eastern Adriatic Sea: problems and opportunities. *Int. Aquat. Res.* 6(3): 127-134. <https://doi.org/10.1007/s40071-014-0073-7>
- GUALA I., GRECH D., BRUNDU G., FARINA S. (2019). Indagini sulle popolazioni del riccio di mare *Paracentrotus lividus* in due aree protette della Sardegna finalizzate alla gestione della risorsa. Progetto GIREPAM - Gestione Integrata delle Reti Ecologiche attraverso i Parchi e le Aree Marine. Rapporto Tecnico Fondazione IMC – Centro Marino Internazionale ONLUS, 4: 2019, 34 pp.
- GUIDETTI P., BIANCHI C.N., CHIANTORE M., SCHIAPARELLI S., MORRI C., CATTANEO-VIETTI R. (2004). Living on the rocks: Substrate mineralogy and the structure of subtidal rocky substrate communities in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 274: 57-68.
- GUIDETTI P., BUSSOTTI S., DI FRANCO A. (2014). Il monitoraggio dell'effetto riserva nell'Area Marina Protetta di Tavolara - Punta Coda Cavallo: implicazioni per la gestione e la tutela della biodiversità. Convenzione tra il CoNISMa (Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare-Nizza) ed il Consorzio di Gestione dell'Area Marina Protetta di Tavolara-Punta Coda Cavallo.
- GUIDETTI P., SALA E. (2007) Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 335:43–56
- INGLIS G.J., GUST N. (2003). Potential indirect effects of shellfish culture on the reproductive success of benthic predators. *Journal of Applied Ecology* 40: 1077-1089.
- MOREY G., MORANTA J., MASSUTI E., GRAU A., LINDE M., RIERA F., MORALES-NIN B. (2003). Weight-length relationships of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean. *Fisheries Research* 62: 89-96.
- SALA E. (1997). Fish predators and scavengers of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in protected areas of the north-west Mediterranean Sea. *Mar. Biol.*, 129: 531-539.
- SALA E., BOUDOURESQUE C.F., HARMELIN-VIVIEN M. (1998). Fishing, trophic cascades, and the structure of algal assemblages: evaluation of an old but untested paradigm. *Oikos*, 82: 425-439. DOI: 10.2307/3546364.
- SALA E., ZABALA M. (1996). Fish predation and the structure of the sea urchin *Paracentrotus lividus* populations in the NW Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 140: 71-81. DOI: 10.3354/meps140071.
- SAWYER J.A., ZUSCHIN M., RIEDEL B., STACHOWITSCH M. (2009) Predator-prey interactions from in situ time-lapse observations of a sublittoral mussel bed in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic). *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 371: 10-19.
- WILDING T.A., NICKELL T.D. (2013). Changes in benthos associated with mussel (*Mytilus edulis* L.) farms on the West-Coast of Scotland. *PLoS ONE* 8(7): e68313. doi:10.1371/journal.pone.0068313

Task 2

Mappatura e monitoraggio delle comunità litorali di fondo roccioso (habitat 1170) nell'Area Marina Protetta Penisola del Sinis Isola di Mal di Ventre.

Con il contributo di: Luca Fallati (Università degli Studi di Milano-Bicocca)

Introduzione

Da diversi decenni i paesaggi marini del Mediterraneo stanno affrontando importanti cambiamenti, in risposta ai disturbi antropogenici locali e a variazioni delle condizioni climatiche che agiscono su scala globale. Come conseguenza, molte specie sensibili sono in declino in tutto il bacino con alcuni casi di estinzione locale (Thibaut et al., 2015 e riferimenti citati). Pertanto, la mappatura e il monitoraggio degli ambienti marini sono strumenti fondamentali per evidenziare i cambiamenti che coinvolgono habitat e specie sensibili e rappresentano la base per la gestione delle coste e l'identificazione di appropriate misure di conservazione. Un problema comune nella gestione degli ecosistemi marini è rappresentato dalla carenza di adeguate informazioni di riferimento che spesso porta alla cosiddetta *Shifting Baseline Syndrome* (Pauly 1995) che ostacola la corretta valutazione dello stato di un ecosistema.

Nei sistemi vegetati sublitorali, uno tra i cambiamenti più drammatici è il declino delle foreste di macroalghe brune (Fucales, Ochrophyta) che vengono sostituite da specie opportuniste di tipo filamentoso ed effimere e/o da *barren* (Thibaut et al. 2015). Le Fucales sono considerate tra i più importanti ingegneri dell'ecosistema marino, formando estese e complesse architetture tridimensionali, paragonabili alle foreste terrestri, che aumentano la complessità e l'eterogeneità spaziale dei fondali rocciosi. Esse rappresentano un substrato preferenziale per molte altre specie cui forniscono rifugio e alimento nelle diverse fasi del loro ciclo vitale (Cheminee et al. 2013; Pitacco et al., 2014; Grech, 2017 e riferimenti citati). In Mediterraneo, ci sono ancora poche informazioni di riferimento per le foreste marine relative ad aree per le quali esiste una tradizione anche centenaria di studi pionieristici sulle macroalghe (Sauvageau, 1912; Funk, 1927, 1955; Ercegovic, 1952). Questi studi rappresentano infatti importanti riferimenti basilari per l'ecologia marina e permettono di confrontare i riferimenti storici con quelli attuali per poterne evidenziare eventuali cambiamenti (Thibaut et al., 2015 e riferimenti citati; Grech, 2017). Al contrario, a larga scala, gli studi sulle macroalghe sono ancora carenti per aree remote o non facilmente accessibili. È il caso della Penisola del Sinis, situata lungo la costa occidentale della Sardegna, un'area scarsamente considerata dalla comunità scientifica fino alla fine del secolo scorso e, pertanto, poco investigata dal punto di vista degli studi ecologici.

La Penisola del Sinis è attualmente una delle zone costiere meno densamente popolate della Sardegna. A causa di una pressione non trascurabile della pesca (Vandeperre et al., 2008), non può essere considerata una zona del tutto incontaminata. Tuttavia, l'area è priva di insediamenti urbani e industriali e le attività turistiche sono molto contenute e limitate a pochi mesi dell'anno. Come conseguenza, gli impatti antropici sul paesaggio marino e sulle comunità bentoniche sono molto ridotti, per lo meno nella zona intertidale.

Questo studio è stato realizzato al fine di (i) raccogliere tutte le informazioni esistenti sulle foreste marine nell'Area Marina Protetta "Penisola del Sinis - Isola di Mal di Ventre" (in seguito AMP), (ii) integrarle con nuove acquisizioni, anche attraverso sistemi di indagine innovativi, e (iii) costruire una linea di base come riferimento per studi futuri per la gestione e la conservazione di queste specie così vulnerabili.

Metodi

Una raccolta di dati e informazioni disponibili sui generi *Cystoseira* e *Sargassum* è stata condotta per l'area costiera della Penisola del Sinis e del Golfo di Oristano. Un problema frequente riscontrato durante lo studio delle foreste di Fucales (Ochrophyta) è la carenza di dati con una risoluzione tassonomica sufficiente. Pertanto, oltre alle riviste indicizzate, per questo studio è stata presa in considerazione anche la letteratura grigia. Sono stati raccolti documenti e, sulla base dell'esperienza di FuCart DB (*Fucales Cartographic DataBase*; Grech, 2017), è stato sviluppato un geo-database che include tutte le informazioni storiche fino alle più recenti.

I dati storici sono stati integrati con informazioni di nuova acquisizione raccolte attraverso l'applicazione dell'indice CARLIT (Cartografia delle comunità bentoniche litorali; Ballesteros et al., 2007) lungo l'intera costa dell'AMP. Inoltre, è stato utilizzato un drone commerciale (DJI Phantom4) per raccogliere ortofoto delle comunità di macroalghe superficiali in differenti contesti geomorfologici (es. falesia, scogliera bassa e pianeggiante, massi metrici) per testare l'efficienza della restituzione cartografica (ossia tempi di acquisizione, precisione, distorsione e copertura) a diverse altezze di volo (da 5 a 20 m s.l.m.). Le immagini sono state elaborate ed analizzate mediante specifici software fotogrammetrici per ottenere ortofoto e modelli digitali della costa. I dati sono stati trasferiti poi su un sistema informatico (QGIS) per calcolare le superfici coperte dalle comunità dominanti.

Infine, sono state utilizzate osservazioni puntuali realizzate in immersione subacquea per estendere le informazioni sulla presenza di Fucales acquisendo altri dati sugli ambienti subtidali.

Risultati

Le prime testimonianze storiche sulle foreste marine in Sardegna sono sporadiche e limitate ad un elenco di specie nel quale l'osservazione di *C. amentacea* in località Capo Mannu è il più antico per l'area di studio (Barbey, 1884). Altri documenti storici per la Penisola del Sinis risalgono a più di 100 anni dopo e sono di carattere puntuale (Cossu et al., 1992; Gueneau et al., 1992; Sales, 2010) e incerto. Ad esempio, *C. barbata* è stata segnalata da Addis et al., (2004) e Casu et al., (2006) sebbene, sulla base delle attuali osservazioni, non può essere esclusa la possibilità di un'identificazione erranea, probabilmente relativa ad un habitus di fine estate di *C. amentacea* che è piuttosto abbondante nella zona. Questa incertezza è esacerbata spesso dalla indeterminatezza della posizione geografica dei siti (assenza di coordinate GPS) e dalla mancanza di erbari o immagini delle specie macroalgali segnalate nell'area di studio.

Altre segnalazioni puntuali di specie del subtidale inferiore sono riportate nello studio di fattibilità della AMP “Penisola del Sinis - Isola Mal di Ventre” (ENEA, 1990), mentre *C. foeniculacea* e *C. compressa* sono state riportate nelle vicine lagune di Santa Giusta (Magni et al., 2008) e Curru de S’Ittiri (Provincia di Oristano, 2013), rispettivamente.

Una base di riferimento dettagliata per l'area di studio, almeno per le specie della frangia infralitorale, è la cartografia delle comunità sub-litorali, eseguita applicando il metodo CARLIT nel 2008 (Guala et al., 2010), sebbene non sia del tutto appropriato considerare questo lavoro come una base storica. Questo lavoro identificava la presenza di due corpi idrici, uno esterno e uno interno al Golfo di Oristano, caratterizzati da uno stato ecologico rispettivamente elevato e buono. I valori dell'indice CARLIT valutati a distanza di 10 anni, hanno testimoniato la stabilità delle condizioni ecologiche dei corpi idrici della Penisola del Sinis, proprio in virtù della presenza di abbondanti e continue foreste delle specie più sensibili, *C. amentacea* e *C. crinita* (Grech et al., 2019a). L'utilizzo del drone ha permesso di mappare le comunità poco profonde e calcolare la copertura delle specie di *Cystoseira* lungo l'area di studio. Le indagini hanno fornito informazioni dettagliate anche sulla distribuzione di specie rare, come *C. algeriensis*, ed evidenziato la presenza di una specie (*C. usneoides*) nuova per l'area di studio e per l'intera Sardegna (Grech, in stampa).

Sulla base di questa revisione bibliografica e delle indagini di campo, lungo la Penisola del Sinis sono stati riportati 8 *taxa* di *Cystoseira* nella fascia intertidale (*C. algeriensis*, *C. amentacea*, *C. barbata*, *C. brachycarpa*, *C. compressa* var. *compressa*, *C. compressa* var. *pustulata*, *C. crinita*, *C. sp.*) e 7 *taxa* subsuperficiali (*C. algeriensis*, *C. brachycarpa*, *C. crinita*, *C. foeniculacea*, *C. montagnei*, *C. usneoides*, *C. zosteroides*). Complessivamente, sono stati rilevati 12 *taxa*, 6 dei quali sono endemismi mediterranei. Tutte le informazioni sulle osservazioni storiche e attuali di specie del genere *Cystoseira* nella Penisola del Sinis sono rappresentate nella mappa in figura 1 (Grech et al. 2019b).

Discussione

Sebbene la maggior parte delle foreste marine sia protetta nell'ambito di accordi internazionali (Convenzione di Berna, 1979, Direttiva Habitat, 1992; Convenzione di Barcellona, 1995), effettive misure per una tutela efficace di queste specie non sono attualmente implementate su scala mediterranea, spesso neppure all'interno delle riserve marine. In molti casi mancano perfino conoscenze dettagliate sulla loro distribuzione lungo le coste.

Il progetto GIREPAM ha permesso di far luce sulle foreste marine della Penisola del Sinis e del Golfo di Oristano. In questo territorio, caratterizzato da un'alta biodiversità delle foreste marine (si veda Grech et al., 2019b per dettagli), le specie del subtidale superiore non sembrano essere sottoposte a forti pressioni locali, sebbene alcune di esse (ad esempio il calpestio umano) sono destinate ad aumentare nei prossimi anni, in particolare nel periodo di massima affluenza turistica. Oltre a quantificare l'effettiva incidenza delle pressioni, in termini di conservazione, sarebbe opportuno un approfondimento sulla presenza e la distribuzione delle specie profonde, molto vulnerabili agli impatti meccanici. In particolare, essendo specie pluriannuali e ramificate queste possono impigliarsi ed essere strappate dal

fondo dagli attrezzi da pesca (come ad esempio i tramagli) che, in altre aree, sono state riportate essere uno dei principali fattori di declino (Thibaut et al., 2015; Grech, 2017). I pochi dati puntuali raccolti nel corso del progetto infatti, indicano che l'area del Sinis è meritevole di ulteriori studi anche per le specie profonde, per le quali le informazioni sono tutt'ora carenti, come capita per la maggior parte degli habitat profondi del Mediterraneo (Ballesteros et al., 2009 e riferimenti citati; Capdevila et al., 2016 e riferimenti citati).

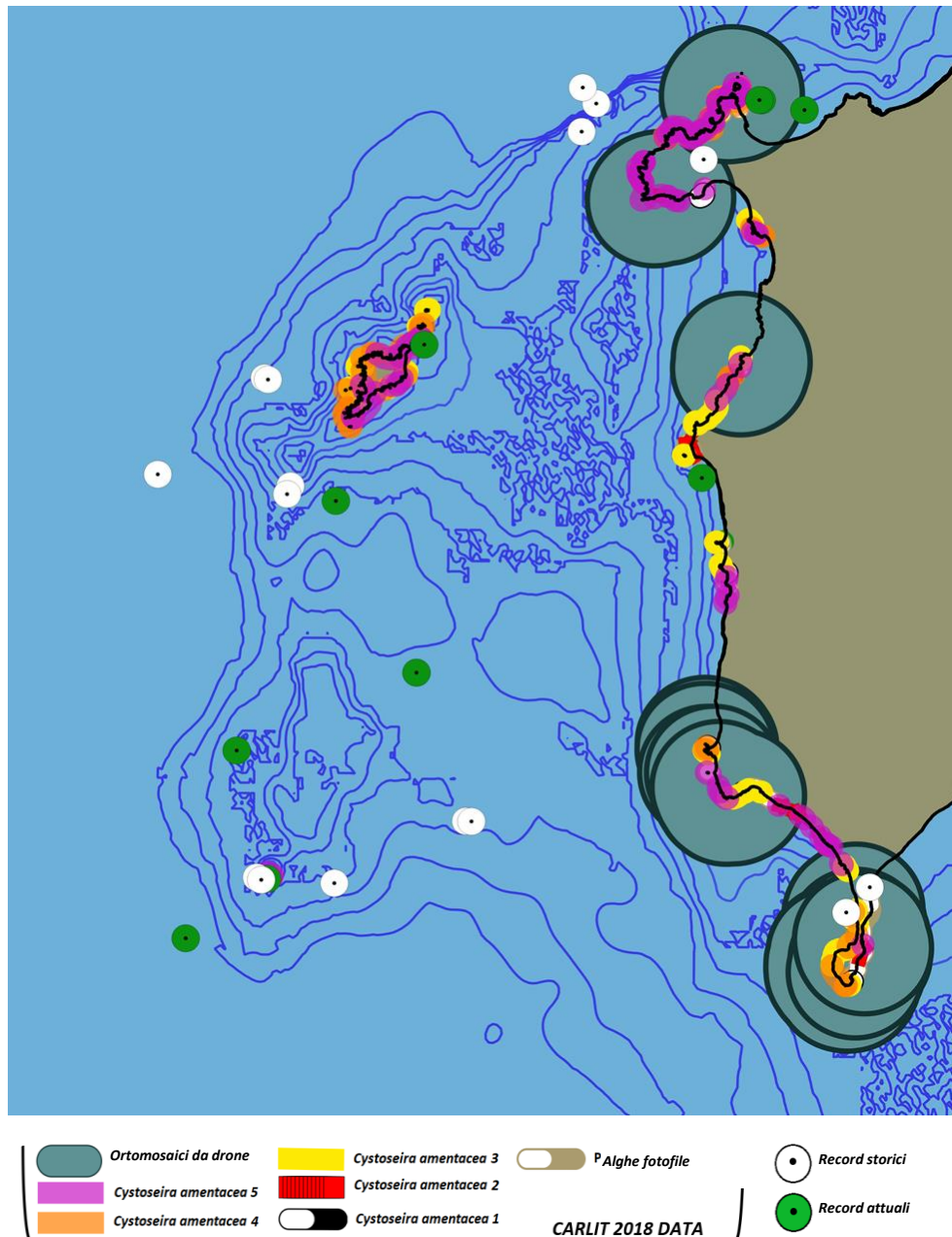


Figura 1. Foreste marine rilevate nell'area di studio. La batimetria fino a 45 m è rappresentata nella mappa, con intervalli di 5 metri (Brambilla et al., 2019).

In Mediterraneo, le foreste marine mostrano chiari segni di regressione in tutta la loro gamma di distribuzione, e le cause non sono ancora del tutto comprese (Thibaut et al., 2015 e riferimenti citati). Oltre agli impatti meccanici e alla riduzione della qualità delle acque, è probabile che anche i cambiamenti climatici possano rappresentare dei fattori di declino. Un recente studio suggerisce come i cambiamenti climatici possano influenzare alcune fasi critiche del ciclo di vita delle specie più sensibili e indicano una riduzione potenziale fino al 94% dell'area originariamente occupata (Buonomo et al., 2017). Per questo motivo, una mappatura dettagliata lungo tutto il Mar Mediterraneo è urgente per ridurre il rischio di perdere le foreste marine ancora prima di avere consapevolezza della loro distribuzione ed estensione. L'area del Sinis, in virtù del ridotto impatto antropico locale e dell'abbondanza di specie sensibili, sembra rappresentare un laboratorio naturale ideale per testare le risposte delle foreste marine ai cambiamenti climatici. Pertanto, risulta cruciale la realizzazione di ricerche indirizzate a migliorarne le conoscenze su distribuzione, estensione, stato ecologico, nonché sulle variabili ambientali (ad esempio temperatura, luce, movimento dell'acqua) maggiormente influenzate dai cambiamenti climatici (e.g. Bulleri et al. 2018). Inoltre, l'area può essere considerata come fonte di stadi riproduttivi per progetti pilota, sempre più comuni in molte zone del Mediterraneo, finalizzati al ripristino *in situ* ed *ex situ* di habitat degradati (Falace et al., 2018). Una maggiore consapevolezza dei servizi ecosistemici che i sistemi naturali forniscono è fondamentale per un'efficace gestione delle aree costiere e marine e per ridurre il degrado degli ecosistemi e la perdita di biodiversità. Uno strumento efficace per approfondire le conoscenze sugli ambienti marini e ottenere una mappatura dettagliata è rappresentato da attività di divulgazione e coinvolgimento attraverso metodologie partecipative, come ad esempio i progetti di *Citizen Science* (Grech e Buia, 2017) che mirano sia alla divulgazione sia alla segnalazione della presenza di foreste marine e/o delle evidenze di un loro declino (www.facebook.com/ProgettoFucales/; <http://www.progetto-fucales.it/>).

Letteratura citata

- ADDIS P., CECCHERELLI G., MURENU M., FARCI S., FERRARI A., OLITA A., ORTU A., POMA S., CANU B., CASU D., GRECO S., SECHI N. (2004). Caratterizzazione delle biocenosi associate a *Cystoseira* in tre Aree Marine Protette della Sardegna. *Biologia Marina Mediterranea* 11.2, 397-399.
- BARBEY W. (1884). *Florae Sardoae Compendium*. - Lausanne.
- BALLESTEROS E., TORRAS X., PINEDO S., GARCIA M., MANGIALAJO L., DE TORRES M. (2007). A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55(1), 172-180.
- BALLESTEROS E., GARRABOU J., HEREU B., ZABALA M., CEBRIAN E., SALA E. (2009). Deep-water stands of *Cystoseira zosteroides* C. Agardh (Fucales, Ochrophyta) in the Northwestern Mediterranean: Insights into assemblage structure and population dynamics. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 82, 477-484. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.02.013>
- BRAMBILLA W., CONFORTI A., SIMEONE S., CARRARA P., LANUCARA S., DE FALCO G. (2019). Data set of submerged sand deposits organised in an interoperable spatial data infrastructure (Western Sardinia, Mediterranean Sea). *Earth System Science Data*, 11(2), 515-527. doi: <http://doi.org/10.5194/essd-11-515-2019>

- BULLERI F., ERIKSSON B.K., QUEIRÓS A., AIROLDI L., ARENAS F., ARVANITIDIS C., BOUMA T. J., CROWE T.P., DAVOULT D., GUIZIEN K., IVESA L., JENKINS S.R., MICHALET R., OLABARRIA C., PROCACCINI G., SERRÃO E.A., WAHL M., BENEDETTI-CECCHI L. (2018). Harnessing positive species interactions as a tool against climate-driven loss of coastal biodiversity. *PLoS biology*, 16(9). doi: <http://doi.org/10.1371/journal.pbio.2006852.g002>
- BUONOMO R., ASSIS J., FERNANDES F., ENGELEN A.H., AIROLDI L., SERRÃO E.A. (2017). Habitat continuity and stepping-stone oceanographic distances explain population genetic connectivity of the brown alga *Cystoseira amentacea*. *Molecular ecology*, 26(3), 766-780. doi: <http://doi.org/10.1111/mec.13960>
- CAPDEVILA P., HEREU B., RIERA J. L., LINARES C. (2016). Unravelling the natural dynamics and resilience patterns of underwater Mediterranean forests: insights from the demography of the brown alga *Cystoseira zosteroides*. *Journal of Ecology*. doi: <http://doi.org/10.1111/1365-2745.12625>
- CASU D., CECCHERELLI G., SECHI N. (2006). Different structure of assemblages understored by three *Cystoseira* species occurring on the same upper-infralittoral platforms. XVI Conferenza della Società Italiana di Ecologia, Viterbo/Civitavecchia.
- CHEMINEE A., SALA E., PASTOR J., BODILIS P., THIRIET P., MANGIALAJO L., COTTALORDA J.M., FRANCOUR P. (2013). Nursery value of *Cystoseira* forests for Mediterranean rocky reef fishes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 442, 70-79.
- COSSU A., GAZALE V., BAROLI M. (1992). La flora marina della Sardegna: inventario delle alghe bentoniche. *Plant Biosystem*, 126(5), 651-707. doi: <http://doi.org/10.1080/11263509209440371>
- ENEA (1990). Indagine sulla situazione ambientale delle aree destinate a riserve marine di Porto Cesareo, Capo Rizzuto e Penisola del Sinis – Isola di Mal di Ventre. Convenzione del 23.2.1986 con il Ministero della Marina Mercantile. La spezia. pp. 638 + Allegati + Tavole.
- ERCEGOVIC A. (1952). Jadranske cistozire: njihova morfologija, ekologija i razvitak. Institut za oceanografiju i ribarstvo.
- FALACE A., KALEB S., DE LA FUENTE G., ASNAGHI V., CHIANTORE M. (2018). Ex situ cultivation protocol for *Cystoseira amentacea* var. *stricta* (Fucales, Phaeophyceae) from a restoration perspective. *PloS One*, 13(2), doi: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0193011>
- FUNK G. (1927). Die Algenvegetation des Golfs von Neapel. Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli, 7, 1-507 + 20 Tavv.
- FUNK G. (1955). Meeresalgen von Neapel. Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli, 25, 1-178 + 30 Tavv.
- GRECH D. (2017). Historical records and current status of Fucales (*Cystoseira* and *Sargassum* spp.) in the Gulf of Naples. PhD Thesis - Open University, London - SZN, Naples: 350 pp.
- GRECH D., BUIA M.C. (2017). Progetto Fucales: un progetto pilota di scienza partecipata per la valutazione di macroalghe in regressione - *Biologia Marina Mediterranea*, 24 (1), 146-147.
- GRECH D., FALLATI L., FARINA S., GUALA I. (2019a). The matrix reloaded: CARLIT assessment ten years later in the Sinis coast (Sardinia, Italy) coupled with drone technology. In: UNEP/MAP – SPA/RAC, 2019. Proceedings of the 6th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Antalya, Turkey, 14-15 January 2019). LANGAR H., OUERGHI A., edits, SPA/RAC publi., Tunis: 53-58. https://www.fondazioneimc.it/wp-content/uploads/2019/02/Grech-et-al.-2019_proceedings_MSMV_2019_final.pdf

- GRECH D., FALLATI L., FARINA S., CABANA D., GUALA I. (2019b). Marine Forests (Fucales, Ochrophyta) in a low impacted Mediterranean coastal area: current knowledge and future perspectives. In C. Gargiulo & C. Zoppi (Eds.), Planning, nature and ecosystem services (pp. 176-184). Naples: FedOAPress. ISBN: 978-88-6887-054-6, doi: 10.6093/978-88-6887-054.6
- GRECH D. *Cystoseira usneoides*: a new protected species for Penisola del Sinis – Isola di Mal di Ventre MPA and Sardinia. *Biologia Marina Mediterranea* (in stampa)
- GUALA, I., TORRAS, X., SIMEONE, S., BALLESTEROS, E. (2010). Valutazione della qualità ecologica delle acque costiere nell'AMP Penisola del Sinis -Isola di Mal di Ventre (Sardegna occidentale) secondo il metodo "CARLIT". In: 32°Atti S.It.E. XVIII Congr. Naz. StE, 2008.
- GUENEAU P., MASTINU C., GRISORIO M.R., DADEA C. (1992). Riassunto delle escursioni a Tharros e sullo Stagno di Santa Giusta, IMC September 1992 (Report interno).
- MAGNI P., RAJAGOPAL S., VAN DER VELDE G., FENZI G., KASSENBERG J., VIZZINI S., MAZZOLA A. GIORDANI G. (2008). Sediment features, macrozoobenthic assemblages and trophic relationships ($\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ analysis) following a dystrophic event with anoxia and sulphide development in the Santa Giusta lagoon (western Sardinia, Italy). *Marine Pollution Bulletin*, 57(1-5), 125-136. doi: <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.10.015>
- PAULY D. (1995). Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries. *Trends Ecol. Evol.* 10, 430. doi: [http://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)89171-5](http://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)89171-5)
- PITACCO V., ORLANDO-BONACA M., MAVRIC B., POPOVIC A. & LIPEJ L. (2014). Mollusc fauna associated with the *Cystoseira* algal associations in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). *Mediterranean Marine Science*, 15, 225-238.
- PROVINCIA DI ORISTANO (2013). Piano Faunistico Venatorio Provinciale. Prima e seconda Parte: Finalità e Quadro Conoscitivo. Settore Attività produttive Sviluppo Sostenibile. Servizio Gestione Fauna selvatica.
- SALES, M. (2010). *Cystoseira*-dominated assemblages from sheltered areas in the Mediterranean Sea: diversity, distribution and effects of pollution. PhD Universitat de Girona, Spain.
- SAUVAGEAU, C., (1912). A propos des *Cystoseira* de Banyuls et de Guéthary. *Bull. de la Station Biologique d'Arcachon* 14, 133–556.
- THIBAUT T., BLANFUNÉ A., BOUDOURESQUE C.F., VERLAQUE M. (2015). Decline and local extinction of Fucales in French Riviera: the harbinger of future extinctions?. *Mediterranean marine science*, 16(1), 206-224. doi: <http://doi.org/10.12681/mms.1032>
- VANDEPERRE F., HIGGINS R., SANTOS R.S., MARCOS C., PÉREZ-RUZAF A. Coord., (2008). Fishery Regimes in Atlanto-Mediterranean European Marine Protected Areas. EMPAFISH Project, Booklet n° 2. Editum. 108 pp.

WEB SITES

<http://interreg-maritime.eu/web/girepam/-/fondazione-imc-e-girepam-al-festival-della-scienza-di-oristano>

<https://www.facebook.com/ProgettoFucales/>

<http://www.progetto-fucales.it/>

Task 3

“*Pinna nobilis* – ricerca per la sopravvivenza”: un’iniziativa Citizen Science per tracciare la mortalità di massa di *Pinna nobilis* in Sardegna.

Con il contributo di: Augusto Navone (Area Marina Protetta Tavolara Punta Coda Cavallo), Fabrizio Atzori (Area Marina Protetta Capo Carbonara), Vittorio Gazale e Pietro Paolo Congiatu (Parco Nazionale dell’Asinara), Massimo Marras (Area Marina Protetta penisola del Sinis Isola di Mal di Ventre), Mariano Mariani (Area Marina Protetta Capo Caccia Isola Piana)

Introduzione

Dal 2016 una drammatica infezione su larga scala sta colpendo il bivalve endemico *Pinna nobilis* in tutto il Mediterraneo, portando questa specie (protetta dalla direttiva Habitat) sull’orlo dell’estinzione (Vázquez-Luis et al., 2017). Questo evento di mortalità di massa è causato da agenti patogeni opportunistici quali *Haplosporidium pinnae* (Cabanellas-Reboredo et al., 2019) e *Mycobacterium spp.* (Carella et al., 2019) che scatenano malattie multifattoriali legate a cambiamenti nell’interazione ospite/patogeno e che sembrano essere associate ad anomalie climatiche come l’aumento della temperatura dell’acqua.

La sopravvivenza di singoli esemplari potrebbe dipendere anche da variabilità genetiche casuali particolarmente resistenti ai patogeni e che innescherebbero meccanismi di adattamento della specie a nuove condizioni ambientali. Individuare gli esemplari resistenti all’epidemia è quindi cruciale per comprendere e favorire questi meccanismi.

In Sardegna esiste un vasto spettro di ecosistemi marini e di zone costiere (es. aree esposte, baie ristrette e lagune costiere più o meno confinate) con diversa gamma di salinità e temperatura e differenti tipi di habitat che potrebbero rivelarsi essenziali per la sopravvivenza o l’adattamento di *P. nobilis*. Tuttavia, lungo le coste della Sardegna le osservazioni scientifiche sono per lo più limitate alle Aree Marine Protette (AMP) che coprono una superficie molto ridotta rispetto a quella dell’intera isola. D’altra parte, per estendere i monitoraggi scientifici su superfici più ampie e, di conseguenza, aumentare la probabilità di identificare l’esistenza di caratteristiche ambientali (ad es. il tipo di habitat, l’intervallo di temperatura, salinità, profondità) che potrebbero contribuire alla sopravvivenza della specie, occorrono tempi e risorse probabilmente non disponibili.

Per questo motivo un approccio basato sulla scienza dei cittadini potrebbe essere decisivo, stante il crescente interesse sociale nel partecipare attivamente alla produzione della conoscenza e ai processi decisionali. Allo stesso tempo, scienziati, enti di ricerca e finanziatori della ricerca stanno scoprendo i vantaggi dell’apertura della ricerca alla società collaborando attivamente con i cittadini, il cui coinvolgimento si sta rivelando uno dei più efficaci e innovativi modi per affrontare le sfide della società (Hecker et al., 2018). Inoltre, il coinvolgimento dei cittadini è un modo per sensibilizzare la comunità e disporre di “sentinelle” che supportino i ricercatori nell’affrontare o prevenire diverse problematiche ambientali. La promozione del senso di cooperazione, dell’azione responsabile e della consapevolezza della cittadinanza attraverso un approccio partecipativo favorisce anche la valorizzazione di un nuovo stile di vita più rispettoso dell’ambiente.

Su queste basi è stata realizzata l'iniziativa “*Pinna nobilis* – ricerca per la sopravvivenza” mirata a sviluppare un processo scientifico partecipativo regionale, anche attraverso il coinvolgimento delle aree marine protette della Sardegna e del Servizio tutela della natura e politiche forestali (Assessorato Difesa dell’Ambiente della Regione Sardegna). L’obiettivo dell’iniziativa nell’ambito del progetto GIREPAM, è sviluppare una rete di cittadini coinvolti nella ricerca di esemplari vivi di *Pinna nobilis* lungo le coste meno esplorate dell’isola e realizzare una mappa preliminare delle segnalazioni. Nel lungo termine, oltre la durata di GIREPAM, le segnalazioni saranno sottoposte a validazione al fine di identificare gli individui effettivamente sopravvissuti sui quali effettuare biopsie non distruttive al fine di ottenere campioni di tessuto da sottoporre ad analisi genetiche e patologiche. Infine, potranno essere studiate eventuali condizioni ambientali che favoriscono la sopravvivenza degli individui. L’obiettivo finale è disporre del numero più ampio possibile di organismi resistenti e della loro posizione per studiare la capacità di adattamento della specie sia a livello genetico che ecologico ed eventualmente programmare misure di gestione volte a favorire la conservazione della specie nell’isola.

Metodi

Durante l'estate 2019, i cittadini sono stati invitati a contribuire con le loro osservazioni alla realizzazione di una mappatura mediante piattaforma online. A tal fine, è stata realizzata una campagna di reclutamento dei cittadini attraverso differenti metodiche per il loro coinvolgimento. In particolare sono state realizzate le seguenti attività:

- preparazione di materiale informativo (logo, flyer, vetrofanie, poster) con la descrizione della problematica affrontata, degli obiettivi dell’iniziativa e delle modalità di partecipazione;
- sviluppo della piattaforma online e preparazione di un protocollo e di uno specifico questionario funzionale alle segnalazioni (<https://www.usahidi.com>);
- organizzazione di giornate di formazione specifiche (*training days*), con il contributo di centri di immersione, associazioni ambientaliste locali e aree protette, per informare e coinvolgere i cittadini. Durante gli eventi partecipativi sono state consegnate delle magliette con il logo del progetto e degli enti coinvolti come riconoscimento per coloro che hanno contribuito al sondaggio;
- divulgazione mediante sito web (<https://www.fondazioneimc.it/progetto/pinna-nobilis-ricerca-per-la-sopravvivenza/>) social media, email, media locali e partecipazione ad eventi territoriali;
- realizzazione del *database* comprendente le seguenti informazioni:
 1. Località e data dell’avvistamento;
 2. Indicazione dell’avvistamento sulla mappa (eventuali coordinate geografiche);
 3. Numero di esemplari di *Pinna nobilis* in condizione BUONA (le valve si chiudono velocemente), MALATA (le valve si chiudono molto lentamente), MORTA (le valve non si chiudono; se il numero di esemplari è superiore a 5 per ciascuna condizione, indicare >5);
 4. Dimensione degli esemplari per ciascuna condizione;
 5. Habitat (sabbia, roccia, posidonia) e profondità;

- realizzazione della mappa delle segnalazioni.

Risultati

I *training days* (in figura 1 la diapositiva introduttiva delle presentazioni) sono stati realizzati organizzati nelle seguenti località grazie al supporto delle locali AMP:

- Porto Torres, 21/06/2019, 7 partecipanti;
- Cabras, sede AMP Penisola del Sinis Isola di Mal di Ventre, 28/06/2019, 5 partecipanti;
- Alghero, Tramariglio, sede AMP Capo Caccia Isola Piana, 09/07/2019, 7 partecipanti;
- Cala Gonone, 13/07/2019, evento pubblico con circa 60 partecipanti;
- Villasimius, sede AMP Capo Carbonara, 30/07/2019, 20 partecipanti;
- S. Vero Milis, località Mandriola, 02/08/2019, evento pubblico con 20 partecipanti;
- Porto San Paolo, sede AMP Tavolara Punta Coda Cavallo, 30/08/2019, evento pubblico con circa 100 partecipanti;
- Sant'Antioco, Museo del Mare, 14/09/2019, evento pubblico con 50 partecipanti.

Complessivamente sono stati coinvolti circa 300 cittadini.

I ricercatori IMC coinvolti hanno partecipato a 3 eventi territoriali dove hanno descritto le attività del progetto, in particolare:

- Porto Scuso, Big Blue Festival, 17/08/2019;
- Cagliari, Sinnova Ex Manifattura Tabacchi, 3-4/10/2019;
- S. Vero Milis, località Putzu Idu, Sagra del Surf, 05/10/2019.

Attraverso i social media (Facebook) sono stati raggiunti oltre 10000 contatti.

Alla fine dell'estate sono state caricate sulla piattaforma online 133 segnalazioni (117 segnalazioni dalla Sardegna e 16 dalla penisola italiana). Delle 117 segnalazioni relative al territorio regionale, 45 (38%) corrispondono a esemplari potenzialmente sopravvissuti. Complessivamente sono state segnalati almeno 506 individui di cui almeno 132 (26%) identificate come vive.

In figura 2 sono riportate le mappe delle segnalazioni sulla piattaforma online (<https://pinnanobilis.ushahidi.io/views/map>).

Discussione

L'iniziativa "*Pinna nobilis* – ricerca per la sopravvivenza" ha prodotto una serie di risultati che coinvolgono diversi ambiti tematici. Dal punto di vista prettamente scientifico la mappatura della sopravvivenza di *P. nobilis* su scala regionale andrà a integrare i dati raccolti dai ricercatori nell'ambito del Piano di Azione Regionale per la conservazione di *P. nobilis* così da delineare un quadro generale sul progresso del massivo evento di mortalità in tutta la Sardegna. L'acquisizione di conoscenze su una ampia scala spaziale è cruciale per identificare le differenze di idoneità di quegli esemplari potenzialmente in grado di far fronte

al patogeno e quindi contribuire al recupero delle popolazioni. Inoltre, le attività potranno incrementare la disponibilità di campioni per le analisi genetiche e diagnostiche sull'intero territorio regionale. La condivisione delle osservazioni sulla piattaforma internazionale "Seawatchers" (<http://www.observadoresdelmar.es/index.php?idioma=en>) per il monitoraggio della mortalità massiva su scala del Mediterraneo occidentale, consentirà l'integrazione del network regionale con quello per la ricerca e la tutela della specie su scala mediterranea.

Tra i risultati raggiunti non sono secondari la sensibilizzazione dei fruitori del mare sull'importanza della tutela dell'ambiente attraverso la partecipazione diretta dei cittadini e l'incremento di consapevolezza sulle minacce legate alla mortalità di una specie di interesse conservazionistico. Il coinvolgimento dei cittadini in un progetto di ricerca su *P. nobilis* in Sardegna attraverso l'approccio *Citizen Science*, valorizza anche l'identità culturale di questa specie per l'isola e l'importanza ecologica e biologica della minaccia di estinzione. L'elevata partecipazione dei cittadini, in alcuni casi anche oltre la costa regionale, evidenzia il successo dell'iniziativa e la volontà delle persone di essere sentinelle attive che contribuiscono alla generazione di conoscenza e conservazione della biodiversità nel Mediterraneo.

PINNA NOBILIS RICERCA PER LA SOPRAVVIVENZA



Figura 1. Diapositiva introduttiva dei *training days* con i loghi degli enti coinvolti nell'iniziativa.

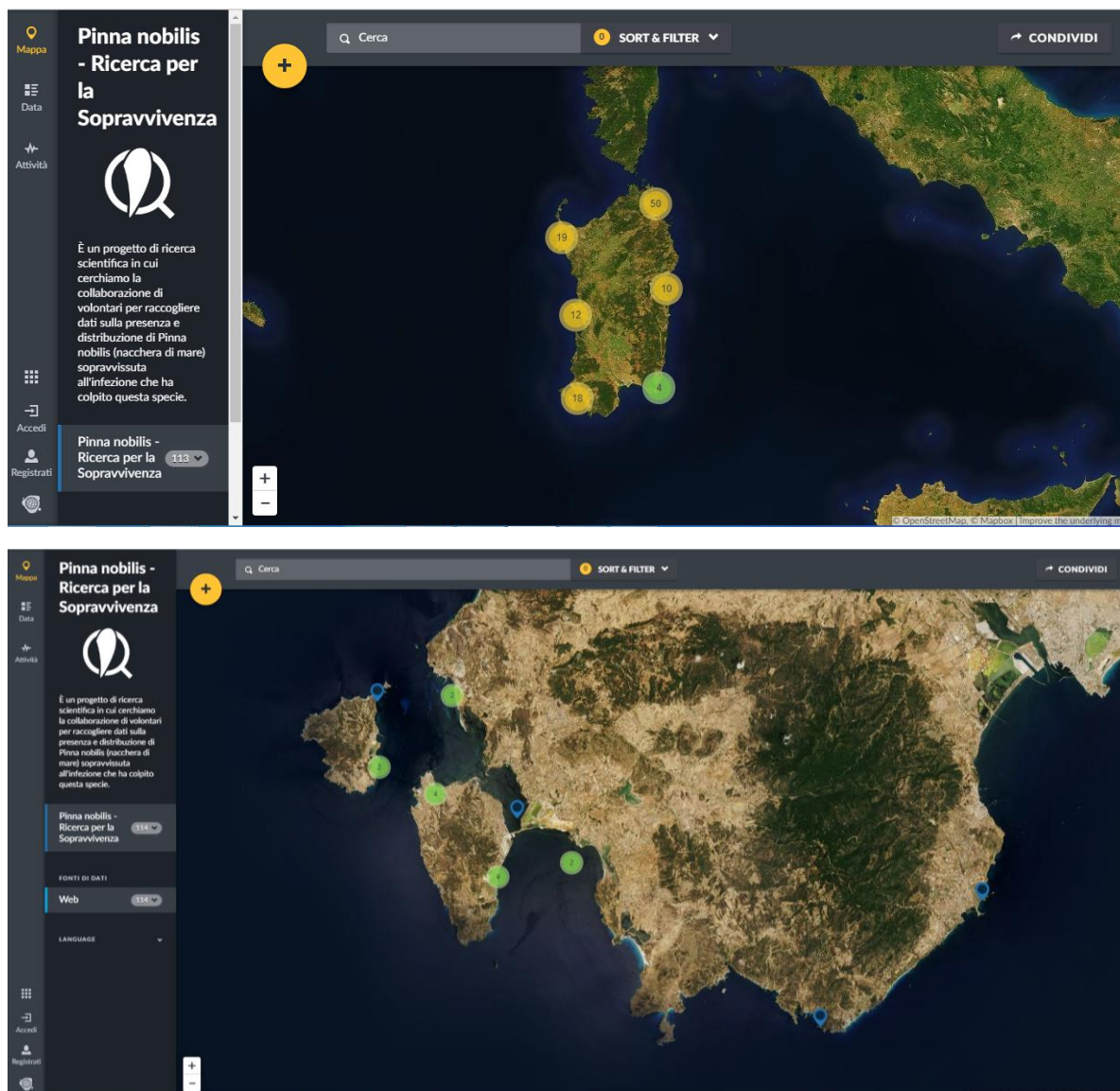


Figura 2. Mappa delle segnalazione sulla piattaforma online per la Sardegna (sopra) e dettaglio per l'area sud-occidentale dell'isola (sotto).

Letteratura citata

- CABANELLAS-REBOREDO M., VÁZQUEZ- M., MOURRE B. et al. Tracking a mass mortality outbreak of pen shell *Pinna nobilis* populations: A collaborative effort of scientists and citizens. *Scientific Reports* 9, 13355 (2019) doi:10.1038/s41598-019-49808-4
- CARELLA F., ACETO S., POLLARO F., MICCIO A., IARIA C., CARRASCO N., PRADO P., DE VICO G., 2019. A mycobacterial disease is associated with the silent mass mortality of the pen shell *Pinna nobilis* along the Tyrrhenian coastline of Italy. *Scientific Reports* 9, 2725 (2019) doi:10.1038/s41598-018-37217-y

HECKER S., HAKLAY M., BOWSER A., MAKUCH Z., VOGEL J., BONN A. 2018. Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy. London: UCL Press. <https://doi.org/10.14324/111.9781787352339>

VÁZQUEZ-LUIS M., ÁLVAREZ E., BARRAJÓN A., GARCÍA-MARCH J.R., GRAU A., HENDRIKS I.E., JIMÉNEZ S., KERSTING D., MORENO D., PÉREZ M., RUIZ J.M., SÁNCHEZ J., VILLALBA A., DEUDERO S., 2017. S.O.S. *Pinna nobilis*: A mass mortality event in Western Mediterranean Sea. *Frontiers in Marine Science* 4:220. doi: 10.3389/fmars.2017.00220

Prodotti realizzati / in preparazione

Pubblicazioni

- ✓ Grech D., Fallati L., Farina S., Guala I. 2019. The matrix reloaded: CARLIT assessment ten years later in the Sinis coast (Sardinia, Italy) coupled with drone technology. In: UNEP/MAP – SPA/RAC, 2019. Proceedings of the 6th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Antalya, Turkey, 14-15 January 2019). LANGAR H., OUERGHI A., edits, SPA/RAC publi., Tunis: 53-58. ISBN 978-9938-9574-4-053-58.
- ✓ Grech D., Fallati L., Farina S., Cabana D., Guala I., 2019. Marine Forests (Fucales, Ochrophyta) in a low impacted Mediterranean coastal area: current knowledge and future perspectives. In C. Gargiulo & C. Zoppi (Eds.), Planning, nature and ecosystem services (pp. 176-184). Naples: FedOAPress. ISBN: 978-88-6887-054-6, doi: 10.6093/978-88-6887-054.6
- ✓ Grech D. *Cystoseira usneoides*: una nuova specie protetta per l'AMP Penisola del Sinis – Isola di Mal di Ventre e la Sardegna Biologia Marina Mediterranea (in press)

Presentazioni a congresso

- ✓ Fallati L., Grech D., Farina S., Savini A., Guala I., 2018. Testing the potential of a consumer-grade drone for high-resolution cartography of littoral rocky-shore communities. XXVIII Congresso Società Italiana di Ecologia, Cagliari 12-14 Settembre 2018.
- ✓ Farina S., Masala M., Guala I., Roselli C., Piazzini L., Panzalis P., Navone A., Ceccherelli G., 2018. Roving predators extend the reserve effect on sea urchins beyond the boundaries of a Marine Protected Area. XXVIII Congresso Società Italiana di Ecologia, Cagliari 12-14 Settembre 2018.
- ✓ Farina S., Romero J., Ceccherelli G., Guala I., Alcoverro T., 2019. Seascape factors modulate sea urchin predation in macrophyte ecosystems. 10th International Association for Landscape Ecology (IALE) World Congress: "Nature and society facing the Anthropocene: challenges and perspectives for landscape ecology", Milan (Italy) 2019, July 1-5.
- ✓ Grech D., Fallati L., Farina S., Guala I. 2019. The matrix reloaded: CARLIT assessment ten years later in the Sinis coast (Sardinia, Italy) coupled with drone technology. 6th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Antalya, Turkey, 14-15 January 2019).
- ✓ Grech D. *Cystoseira usneoides*: una nuova specie protetta per l'AMP Penisola del Sinis – Isola di Mal di Ventre e la Sardegna. 50° Congresso Società Italiana di Biologia Marina, Livorno 12-14 Giugno 2019.
- ✓ Grech, D., Fallati, L., Farina S., Cabana, D., Guala, I. (2019). Marine Forests (Fucales, Ochrophyta) in a low impacted Mediterranean coastal area: current knowledge and future perspectives. International Conference on Innovation in Urban and Regional Planning, INPUT aCAdeMy, planning, nature and ecosystem services Cagliari 24-26 June 2019.