

## **“Monitoraggio delle risorse ittiche e della pesca: indagine sugli spostamenti di specie marine di interesse commerciale e conservazionistico”**



Giacalone V.M.<sup>1</sup>, Zenone A.<sup>2</sup>, D’Anna G.<sup>2</sup>, Buffa G.<sup>1</sup>, Patti C.<sup>1</sup>, Di Stefano G.<sup>2</sup>, Pipitone C.<sup>2</sup>, Badalamenti F.<sup>2</sup>, Gristina M.<sup>3</sup>

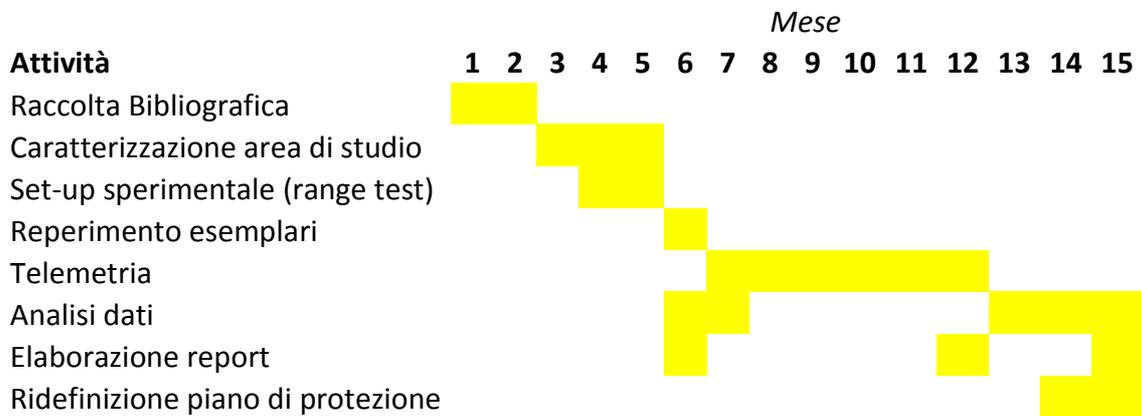
<sup>1</sup> *CNR-IAMC Capo Granitola, via del mare 3 – 91021 – Torretta Granitola (Fraz. Campobello di Mazara, TP), Italia*

<sup>2</sup> *CNR-IAMC Castellammare del Golfo, via D. da Verrazzano 17 – 91014 – Castellammare del Golfo (TP), Italia*

<sup>3</sup> *CNR-IAMC Mazara del Vallo, via L. Vaccara 61 – 91026 – Castellammare del Golfo (TP), Italia*

Il presente rapporto tecnico documenta le attività svolte nel periodo dal 19/03/2015 (firma atto d'obbligo) al 19/06/2016 (scadenza progetto a seguito di proroga concessa con decreto n°59 del 04/02/2016).

Il cronoprogramma realmente seguito ha incluso le seguenti attività:



Nei paragrafi successivi, verranno descritte in dettaglio le varie attività unitamente ai risultati ottenuti in ciascuna fase.

## RACCOLTA BIBLIOGRAFICA

È stato effettuato un aggiornamento della bibliografia in possesso dal CNR-IAMC degli articoli pubblicati su riviste internazionali o capitoli di libri, grazie al motore di ricerca “ISI-web of Knowledge” della Thomson Reuters.

Le parole-chiave, e relative combinazioni, utilizzate per la ricerca sono state:

- Spiny lobsters
- Acoustic telemetry
- Palinurus elephas
- Marine Protected Areas
- Movement pattern
- Activity pattern

I riferimenti bibliografici vanno dal 1956 ai giorni nostri e, laddove possibile, sono stati reperiti gli articoli in formato pdf.

Tutte le citazioni bibliografiche ed i file pdf ottenuti sono stati archiviati quindi in un database elettronico utilizzando il programma ENDNOTE X7.

Il database conta attualmente 155 citazioni bibliografiche delle quali, solo 63 sono state selezionate come più significative e/o inerenti al progetto quindi scaricate in formato pdf. Le citazioni non accompagnate da articoli pdf possono essere comunque consultabili online in formato html o eventualmente acquistabili dalla rivista o ancora richieste direttamente all'autore.

La lista dei riferimenti bibliografici è riportata nell'**allegato 1** del presente rapporto.

Sono state raccolte inoltre tutte le informazioni e le mappe nautiche a disposizione, riguardanti le batimetrie delle aree antistanti Isola delle Femmine incluse nelle zone A e B dell'AMP al fine di programmare le attività di caratterizzazione degli ambienti subacquei.

Tra le mappe raccolte, quella della GEOLAB srl consegnata al CONISMA risalente al 1988, risulta essere la più completa e pertanto, la stessa è stata interfacciata con le mappe presenti sulla piattaforma Google Earth per una rapida navigazione *in situ* ed una più precisa localizzazione dei siti di immersione (vedi capitolo successivo). Il file della mappa denominato “Capo Gallo e Isola batimetrie 1998”, in nostro possesso è presente nell'archivio completo “**AragostaAMPIsola.kml**” allegato al presente rapporto e consultabile nella piattaforma Google Earth.

## CARATTERIZZAZIONE AREA DI STUDIO

Il primo passo del presente progetto è stato la caratterizzazione dell'area di studio per la valutazione della tipologia degli ambienti sommersi inclusi nelle zone A e B dell'isolotto dell'AMP di Capo Gallo e Isola delle Femmine. Dalla bibliografia e da studi precedentemente condotti nella stessa area, infatti, le aragoste prediligono ambienti rocciosi di falesia (pareti verticali) ricchi di tane e anfratti dentro i quali nascondersi durante le ore diurne.

Conoscere la tipologia dei fondali è quindi uno step necessario per interpretare gli spostamenti degli animali marcati e valutare l'uso degli habitat in termini di rifugio, aree di feeding o di riproduzione eventualmente presenti all'interno dell'AMP.

A questo scopo quindi, sulla base delle mappe batimetriche in nostro possesso, sono stati individuati i seguenti elementi topografici subacquei:

- Falesia “f”: parete rocciosa verticale con variazione batimetrica di almeno 15m.
- Terrazzo “t”: parete rocciosa con salti dell’ordine di 3m intervallati da pianori rocciosi larghi almeno 1m.
- Canyon “c”: profonda spaccatura nella roccia presente sia su falesia che su terrazzo, con ampiezza di almeno 1m.
- Gradoni “g”: parete rocciosa verticale inferiore a 3m con pianori rocciosi di varia estensione.

Sulla base di questa classificazione sono state programmate una serie di immersioni subacquee per la documentazione video dei fondali.

Durante le prime fasi di campionamento è stata riscontrata la presenza di altri due elementi topografici particolari:

- Arco: trattasi di un arco di roccia di estensione pari a 30m che circonda una sorta di cratere, ampio circa 40m di diametro, localizzato sul versante nord dell’isolotto e chiamato dai pescatori locali con l’appellativo “*finistruna*”.
- Tunnel: è una galleria sottomarina di modesta estensione (5-6m) sul versante nord-est dell’isolotto, in prossimità della cosiddetta “*Secca Palidda*” (lato sud).

Per la ricognizione video durante le immersioni è stata utilizzata una fotocamera reflex full-frame della Nikon (modello D610) equipaggiata di scafandro subacqueo Isotta, illuminatori fissi Nimar ed una coppia di puntatori laser red-dot con distanza fissa di 20cm. Grazie all’uso dei puntatori laser, è possibile avere un riferimento dimensionale nelle immagini video e valutare quindi l’ampiezza delle tane/buchi e la dimensione degli organismi marini.

Per ciascuna immersione, l’operatore video subacqueo procedeva mantenendo una distanza di circa 2-3 m dalla parete e/o dal fondo filmando la discesa dalla batimetria dei -25m circa, fino al fondo dell’elemento topografico di interesse. Raggiunta la quota massima di immersione, l’operatore si spostava di circa 80-100m e, risalendo, procedeva all’acquisizione delle immagini video dell’elemento topografico successivo. In questo modo, per ciascuna giornata di campionamento venivano collezionati i video di due elementi topografici contigui.

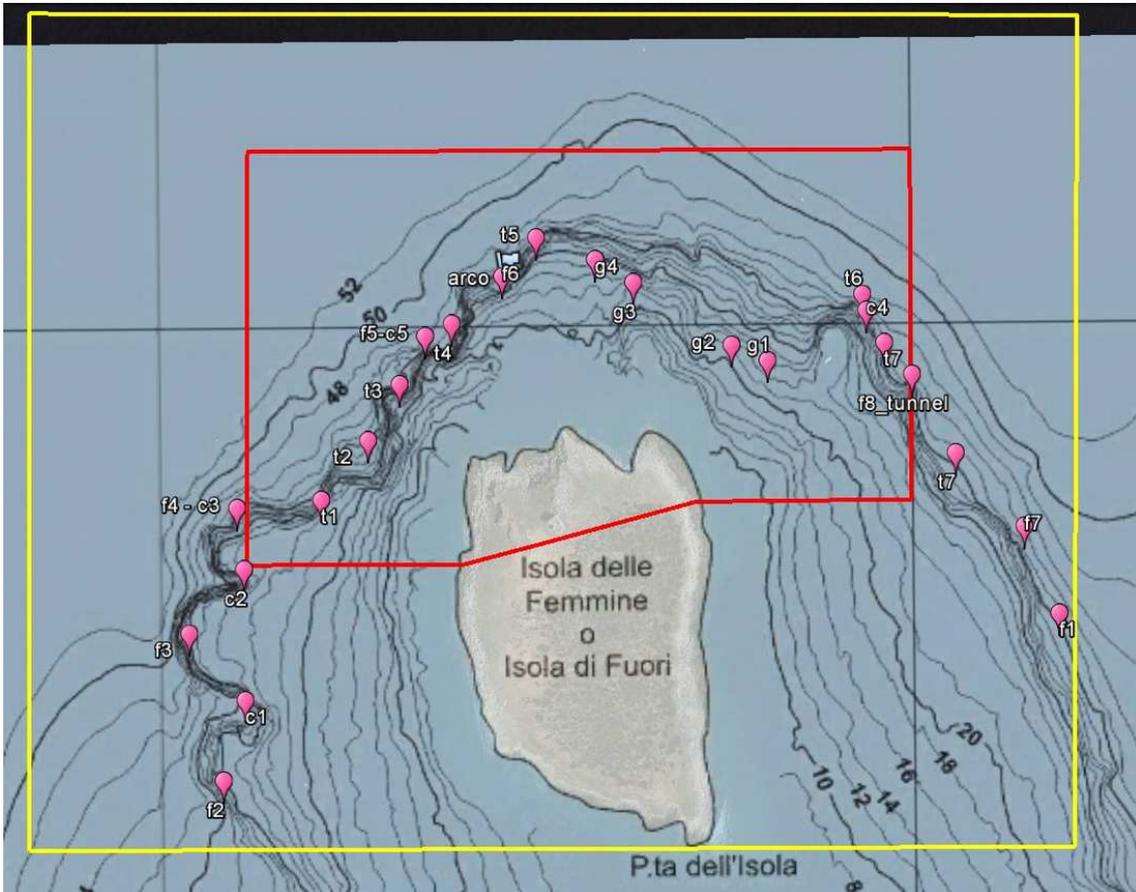


*Fig. 1 – Esempio di *Palinurus elephas*. In particolare i punti rossi dei puntatori laser utilizzati come riferimento dimensionale.*



*Fig. 2 – Operatore subacqueo ed attrezzatura video-fotografica.*

In totale sono state effettuate 13 giornate di campionamento e realizzati 22 video dai quali è stato possibile osservare i seguenti elementi topografici: 8 “falesia”, 5 “canyon”, 8 “terrazzi”, 4 “gradoni”, 1 “arco” ed 1 “tunnel” (fig.3).



*Fig.3 – Mappa dell’area di studio con indicazione dei siti di immersione etichettati secondo la topografia dei fondali (vedi testo). In giallo i confini della zona B, in rosso la zona A dell’AMP di Capo Gallo e Isola delle Femmine.*

Dal video di ciascun profilo di immersione sono stati selezionati alcuni fotogrammi di aree contigue. Per ogni fotogramma, utilizzando il programma di analisi di immagini “imageJ”, sono state calcolate le percentuali di copertura delle superfici: 1) verticali, 2) orizzontali, 3) oblique. I valori percentuali medi di ciascun profilo sono stati quindi organizzati in una matrice insieme ad alcuni parametri geomorfologici quali: 1) distanza dalla costa, 2) pendenza del sito dalla costa alla batimetrica dei -50m, 3) pendenza del sito dalla batimetrica dei -20m a quella dei -50m.

Sulla matrice così ottenuta, dopo opportune trasformazione dei dati (standardizzazione rispetto la media dei campioni) è stata applicata l’analisi dei componenti principali (PCA, software: Primer 6) al fine di spiegare delle eventuali differenze o similitudini tra i vari profili di immersione, sulla base delle caratteristiche selezionate.

Dai risultati, appare evidente l’esistenza di tre gruppi distinti: “G1-G2-G3-G4” caratterizzato da una forte componente di superficie orizzontale, il gruppo “T1-T2-T3-

F5C5” caratterizzato da una forte componente di superficie obliqua, il terzo gruppo che include tutti gli altri siti con la mancanza di una caratteristica dominante (fig. 4).

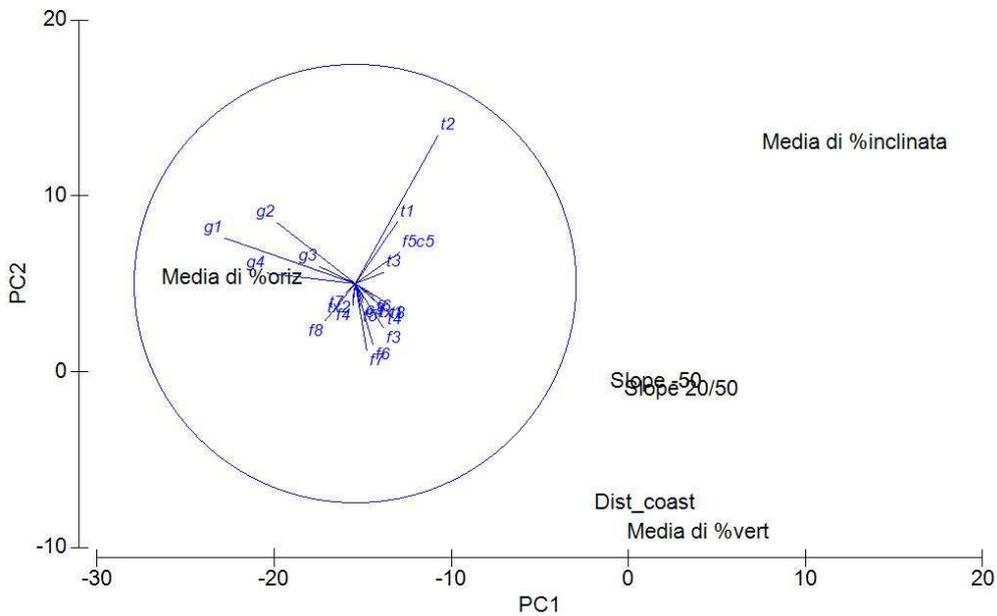


Fig.4 – PCA dei profili di immersione sulla base delle caratteristiche geomorfologiche.

Dai risultati ottenuti in questa fase è possibile riportare due importanti osservazioni riguardanti in primo luogo la scarsa abbondanza delle aragoste ed, in generale, della fauna ittica all'interno delle zone A e B della Riserva. In secondo luogo, durante la quasi totalità delle immersioni realizzate, gli operatori subacquei hanno riscontrato una massiccia presenza di attrezzi da pesca abbandonati (reti, palangari, ecc...) proprio sulle pareti rocciose e nei fondali dell'area marina protetta.

Per quanto riguarda il dato inerente gli avvistamenti delle aragoste, sono stati censiti in totale 23 animali di diversa taglia, come mostrato dal grafico seguente (fig.5).

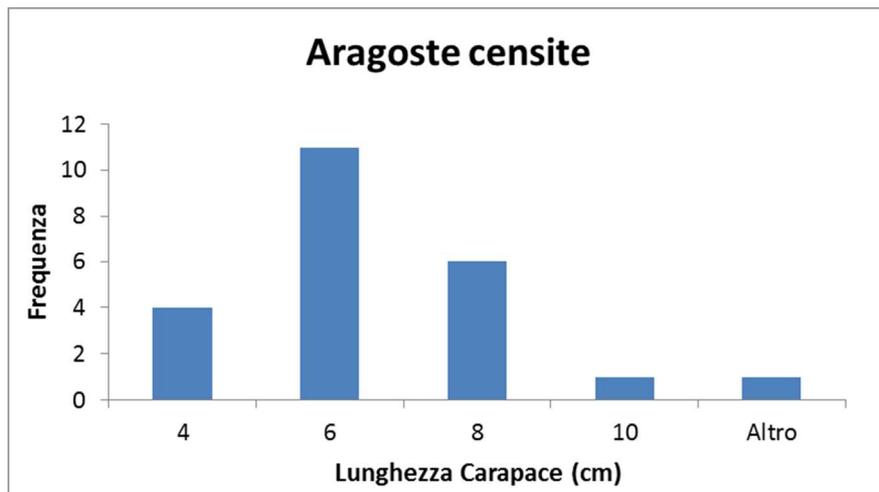


Fig.5 – Istogramma di frequenza delle classi di taglia delle aragoste censite durante la caratterizzazione dell'area di studio.

In particolare, la voce “altro” include un esemplare di circa 13 cm di carapace, il più grande censito durante tutto il periodo di campionamento.

Tutti gli animali sono stati osservati all'interno di buchi e anfratti su pareti verticali di roccia nei vari elementi topografici individuati.

Per quanto riguarda la loro distribuzione invece all'interno dell'AMP, la tabella seguente (tab.1) riporta il numero di individui (con rispettive taglie medie) per settore, delimitato dai siti di immersione (fig.3):

Settore	N° individui	LC (cm) media
F1-T7	8	4.75 ± 1.04
G1-G3	2	10.00 ± 4.24
C1-T3	13	6.30 ± 1.70

*Tab. 1 – Numero di individui censiti nell'area di studio e taglia media (LC = lunghezza carapace)*

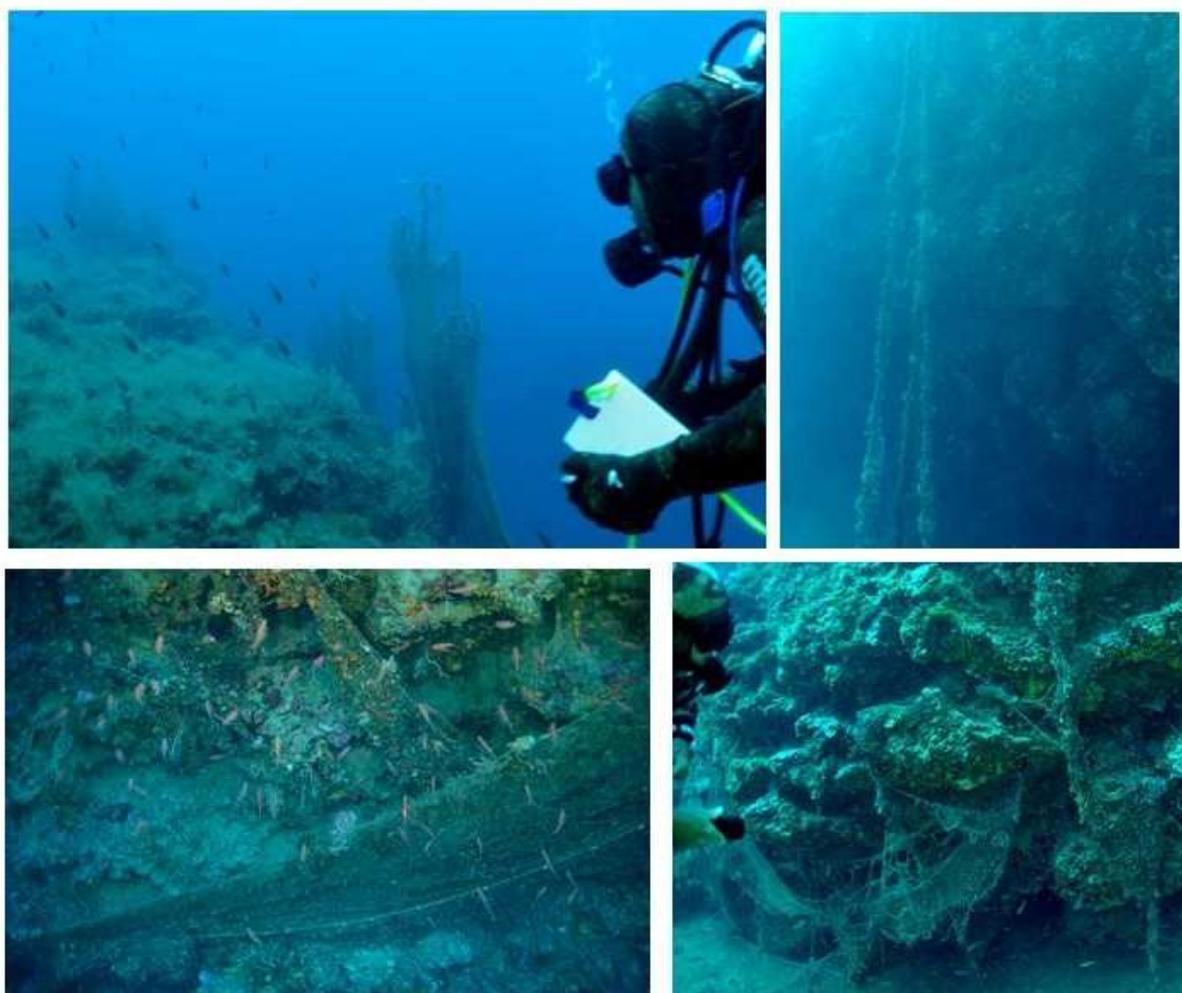
Il maggior numero di animali si concentra sul versante occidentale dell'AMP proprio a cavallo del limite tra la zona A e la B della Riserva (C1-T3), il più basso sul versante settentrionale della zona A (G1-G3). Per quanto riguarda le taglie, il valore medio di 10cm registrato su G1-G3 è influenzato dal rinvenimento straordinario dell'individuo di taglia più grande pari a 13 cm. Escludendo questo dato, gli individui più grandi sono concentrati sul versante ovest, mentre gli individui di taglia più piccola sul versante est dell'isolotto.

Per quanto riguarda invece il rinvenimento di attrezzi da pesca abbandonati sul fondale o incagliati sulle pareti rocciose, la loro presenza è stata riscontrata su 16 di 23 siti visitati, ovvero il 70% ca. (tab. 2, fig. 6). Trattasi principalmente di reti da posta (alcune anche recenti, scarsamente colonizzate da organismi vegetali o animali) e di palangari, lunghi anche decine di metri.

Come noto, questi attrezzi, detti “fantasma” continuano la loro azione di cattura e testimoniano l'attività di pesca illegale effettuata all'interno dei confini della zona A della Riserva, ovvero l'area sottoposta a tutela integrale.

sito	attrezzi fantasma
ARCO	palangari
C1	reti
C2	reti
C4	palangari + reti
F1	
F2	palangari
F3	palangari + reti
F4C3	palangari + reti
F5C5	palangari
F6	palangari
F7	reti
G1	reti
G2	
G3	
G4	
T1	palangari + reti
T2	reti
T3	palangari + reti
T4	
T5	
T6	
T7	palangari
T8	palangari + reti

*Tab. 2 – Presenza di attrezzi da pesca “fantasma” nei siti di immersione visitati*



*Fig.6 – Attrezzi da pesca abbandonati sul fondo del mare in zona A dell'AMP.*

## SET-UP SPERIMENTALE (RANGE TEST)

Durante questo periodo, sono stati effettuati i controlli di routine delle attrezzature VEMCO ovvero dei ricevitori e dei trasmettitori acustici ultrasonici al fine di valutarne il corretto funzionamento.

Dagli studi precedentemente condotti dal nostro staff di ricerca all'interno dell'AMP ed utilizzando la stessa strumentazione scientifica, il raggio d'azione dei ricevitori VR2W risulta essere pari a circa 250m. Al fine di controllare il pattern di ricezione dei segnali in relazione alle condizioni meteomarine (vento, correnti, torbidità ecc...) al momento del posizionamento dei ricevitori, sono stati piazzati in punti specifici, un totale di 4 trasmettitori definiti "sentinella" di cui due identici a quelli impiantati sul carapace delle aragoste (vedi capitolo "Marcatura e rilascio aragoste") denominati "P1P" e "P2P" e due dalle caratteristiche tecniche simili ma privi di sensore di profondità "P1S" e "P2S". In particolare, i primi sono stati posti sulla batimetria più profonda, i secondi in prossimità del bordo superiore della falesia (intorno -25m) (fig. 7).

Il disegno di posizionamento dei ricevitori nell'area di studio, è stato elaborato tenendo in considerazione: 1) i risultati della caratterizzazione dei fondali, 2) la densità e distribuzione degli individui di aragosta censiti, 3) il periodo di inizio del progetto (Marzo anziché Gennaio 2015) e 4) il periodo di riproduzione della specie (tarda Estate, inizio Autunno).

In particolare, il disegno ha previsto la disposizione di 15 ricevitori e dei tag "sentinella" nei seguenti punti:

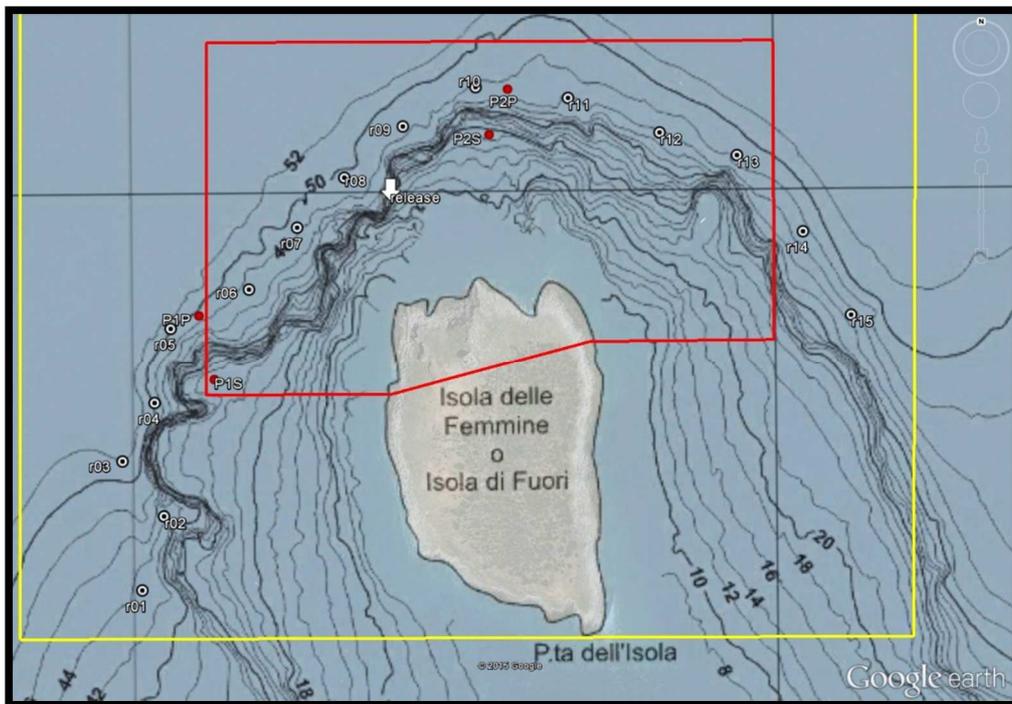


Fig. 7 – Posizione geografica dei ricevitori VR2W (R01-r15), dei 4 tag "sentinella" e del sito di rilascio degli animali marcati (freccia bianca, "release").

Ogni ricevitore è stato fissato su una cima recante un corpo morto di 35kg circa, sul fondo, ed una boa di profondità (800m, 18cm diametro) a -25m.

Di seguito si riportano le coordinate dei punti in cui sono stati sistemati i ricevitori:

r01: 38° 12.491'N - 13° 13.777'E  
 r02: 38° 12.553'N - 13° 13.800'E  
 r03: 38° 12.599'N - 13° 13.756'E  
 r04: 38° 12.648'N - 13° 13.790'E  
 r05: 38° 12.711'N - 13° 13.807'E  
 r06: 38° 12.744'N - 13° 13.890'E  
 r07: 38° 12.796'N - 13° 13.941'E  
 r08: 38° 12.838'N - 13° 13.991'E  
 r09: 38° 12.881'N - 13° 14.053'E  
 r10: 38° 12.914'N - 13° 14.130'E  
 r11: 38° 12.905'N - 13° 14.228'E  
 r12: 38° 12.876'N - 13° 14.325'E  
 r13: 38° 12.857'N - 13° 14.407'E  
 r14: 38° 12.793'N - 13° 14.477'E  
 r15: 38° 12.723'N - 13° 14.528'E

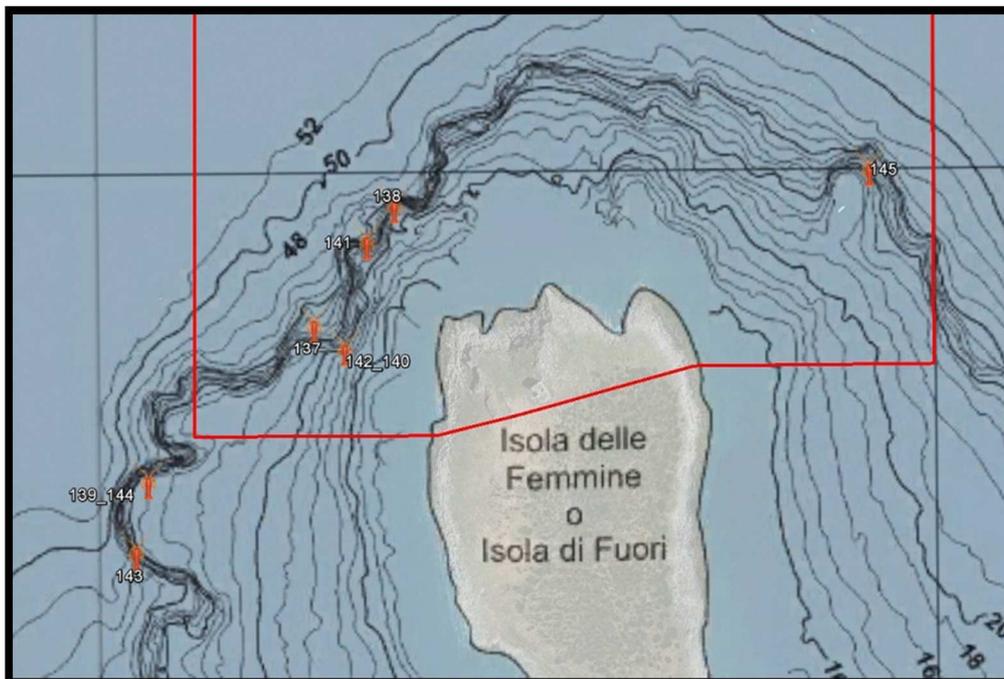
#### REPERIMENTO ESEMPLARI

Durante la prima decade di Ottobre 2015, sono state effettuate delle immersioni subacquee lungo la falesia del lato di nord-ovest della zona A dell'AMP, prospiciente l'Isola. Tale area, sulla base degli avvistamenti effettuati durante la fase di caratterizzazione dell'area di studio, risultano i più ricchi di animali potenzialmente idonei alla marcatura.

Durante ciascuna immersione (8 in totale), due coppie di subacquei hanno esplorato la quota compresa tra 30 e 40m riuscendo a catturare (con le mani), un totale di 11 esemplari di *Palinurus elephas* di cui solo 9 sottoposte a marcatura (tab.3 e fig.8).

Codice trasmettitore	Sesso	LC (mm)	Classe di taglia	Coordinate sito di cattura	Profondità
137	F	50	+	38°12.695' - 013°13.922'	42
138	F	74	+++	38°12.818' - 013°14.005'	32
139	F	63	++	38°12.620' - 013°13.806'	33
140	M	53	+	38°12.704' - 013°13.974'	38
141	M	75	+++	38° 12.783' - 13° 13.984'	38.5
142	F	60	++	38°12.704' - 013°13.974'	35
143	F	57	+	38°12.583' - 013°13.810'	38.5
144	F	50	+	38°12.620' - 013°13.806'	37
145	M	53	+	38°12.830' - 013°14.393'	36

Tab.3 – Dati di cattura e biologici delle aragoste catturate per la marcatura.



*Fig.8 – Punti di cattura delle aragoste cui è stato apposto il trasmettitore (il numero indica il codice del trasmettitore)*

Ciascun esemplare, una volta prelevato dal suo rifugio, veniva allocato all'interno di una gabbietta di rete (realizzata *ad hoc*) e trasferita in superficie. Il punto di cattura dell'animale è stato segnalato dai subacquei mediante espulsione di un pedagno, all'imbarcazione di superficie, che provvedeva alla registrazione delle coordinate del sito (errore massimo 20m). Le aragoste sono state quindi trasferite presso un impianto di stabulazione in località Sferracavallo, sotto il controllo della ditta "Krill" (vedi allegato 2) (fig. 9).



*Fig.9 – Impianto di stabulazione delle aragoste*

## TELEMETRIA

Per la marcatura degli animali è stato utilizzato un trasmettitore ultrasonico miniaturizzato della ditta VEMCO, modello V9P-2H-A69-9004 con le seguenti caratteristiche tecniche:

- Sensore di profondità (0-68m con errore di 0.40m)
- Durata batteria 195 giorni
- Frequenza di emissione del segnale compresa tra 60 e 120 secondi
- codice ID univoco che permette il riconoscimento di ciascun animale.

Ogni animale è stato prelevato dalla vasca e sistemato su una tavoletta di legno, quindi si è proceduto con la pulizia del cefalotorace mediante uno spazzolino da denti, quindi si è proceduti con l'asciugatura e l'applicazione di un cuscinetto di colla epossidica bicomponente a presa rapida (80 sec.) sul quale è stato subito dopo posizionato il tag.

Le operazioni di marcatura sono durate mediamente 4 minuti per animale.

Una volta marcati, gli individui venivano via via riposti nella propria vasca.



*Fig. 10 – Applicazione del trasmettitore ad una aragosta.*

In data 06 Ottobre, un totale di nove individui marcati sono stati rilasciati nel punto intermedio ai siti di cattura (fig. 7). Per il rilascio sono state adoperate delle gabbiette di rete, create appositamente, che venivano aperte sul bordo della falesia (circa -27m) dagli operatori subacquei (fig. 11-12).



*Fig. 11 – Rilascio degli animali marcati*



*Fig. 12 – Due aragoste marcate sul cefalotorace con tag ultrasonico, subito dopo il rilascio*

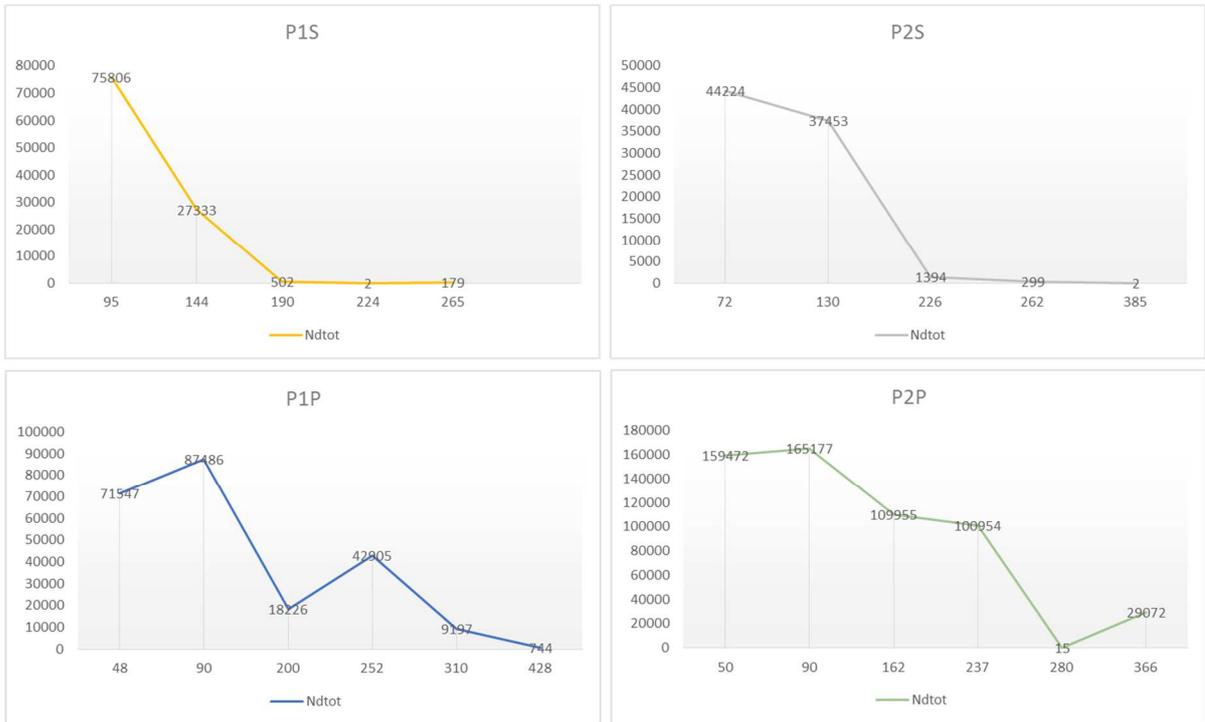
**Tag “sentinella”** – L’uso dei tag sentinella ha consentito di valutare le differenze nei pattern di ricezione giornalieri dovuti alle condizioni meteomarine variabili.

Dal momento che il numero dei segnali (ND) varia con la distanza tra ricevitore e trasmettitore, sono stati scelti dei ricevitori posti a distanze diverse dai trasmettitori sentinella che avessero linee di ascolto prive di ostacoli. Per ciascuno di esso è stato calcolato il numero di segnali totale (fig. 13). Quindi sono stati analizzati i pattern di ricezione dei ricevitori posti ad una distanza tra 90 e 130m dai tag sentinella ovvero pari a quella tra la linea dei ricevitori e la falesia, e tra i ricevitori stessi. Sono stati calcolati il valore di ND giornaliero e quello tra giorno e notte (figg. 14 e 15).

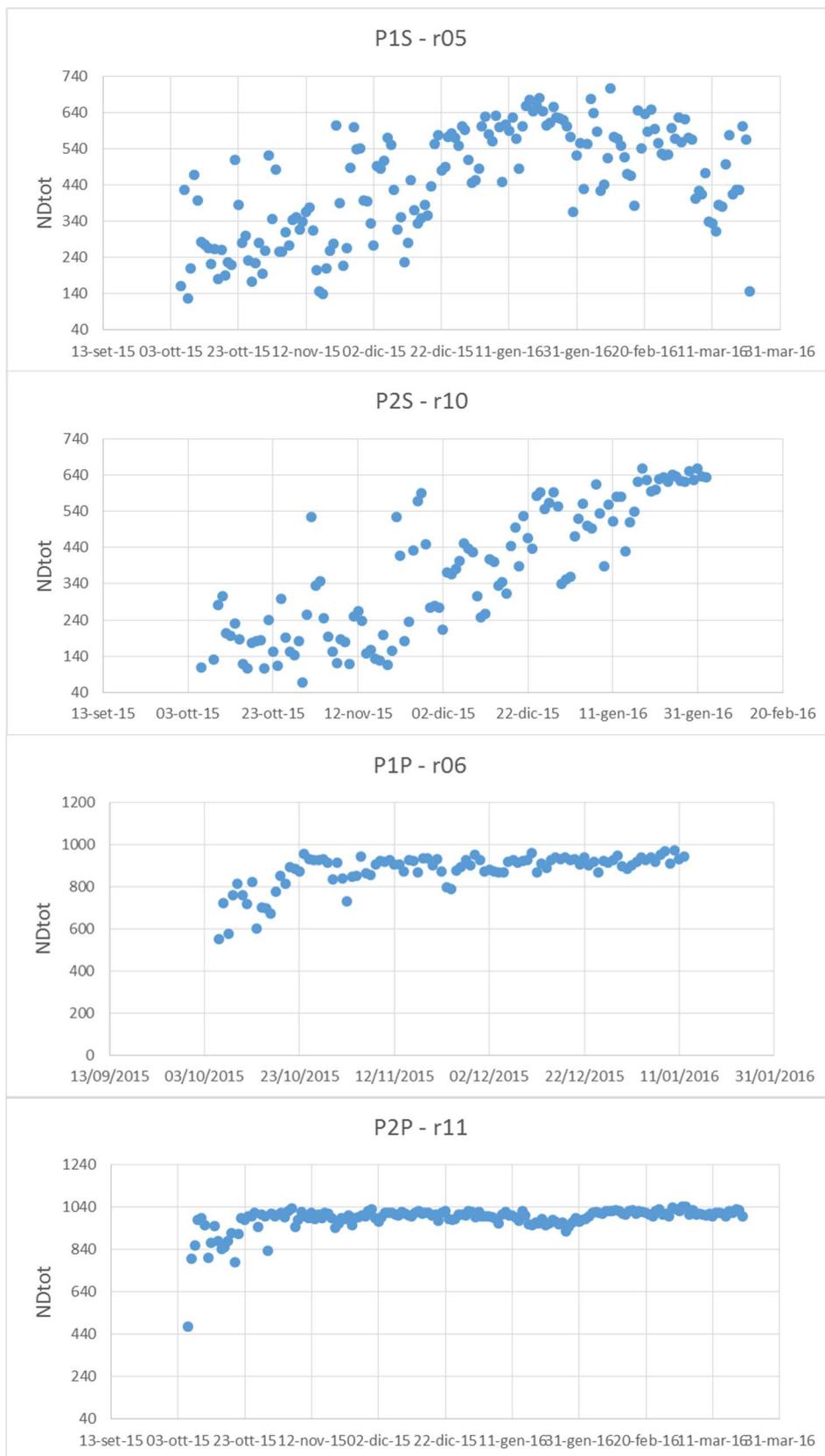
Dai grafici appare evidente che i tag di superficie (P1&2S), posti sulla piattaforma rocciosa al limite superiore della falesia, hanno fatto registrare un numero variabile di segnali sia nei diversi giorni che tra giorno e notte. I tag sentinella di profondità (P1&2P) hanno mostrato invece dei pattern di ricezione più omogenei sia nei giorni che tra giorno e notte (eccetto durante la prima settimana di registrazione con valori di ND più bassi di notte rispetto al giorno). Il motivo di questa variabilità è dovuta principalmente alla posizione dei trasmettitori. Quelli più vicini alla superficie hanno risentito delle condizioni meteo marine variabili che interessano in maggior misura gli strati superficiali della colonna d’acqua. In secondo luogo, il rumore ambientale prodotto dagli organismi che vivono nei primi metri (granchi, ricci, ecc...) durante la notte, aumenta di intensità provocando delle forti interferenze con il sistema di telemetria.

Tuttavia, dal momento che le aragoste marcate, sono rimaste sempre al di sotto dei 30m, per la correzione e calibrazione dei dati sono stati tenuti in considerazione solo i tag sentinella posti in profondità che non hanno mostrato, in generale, significative differenze tra i vari giorni e, soprattutto, tra giorno e notte.

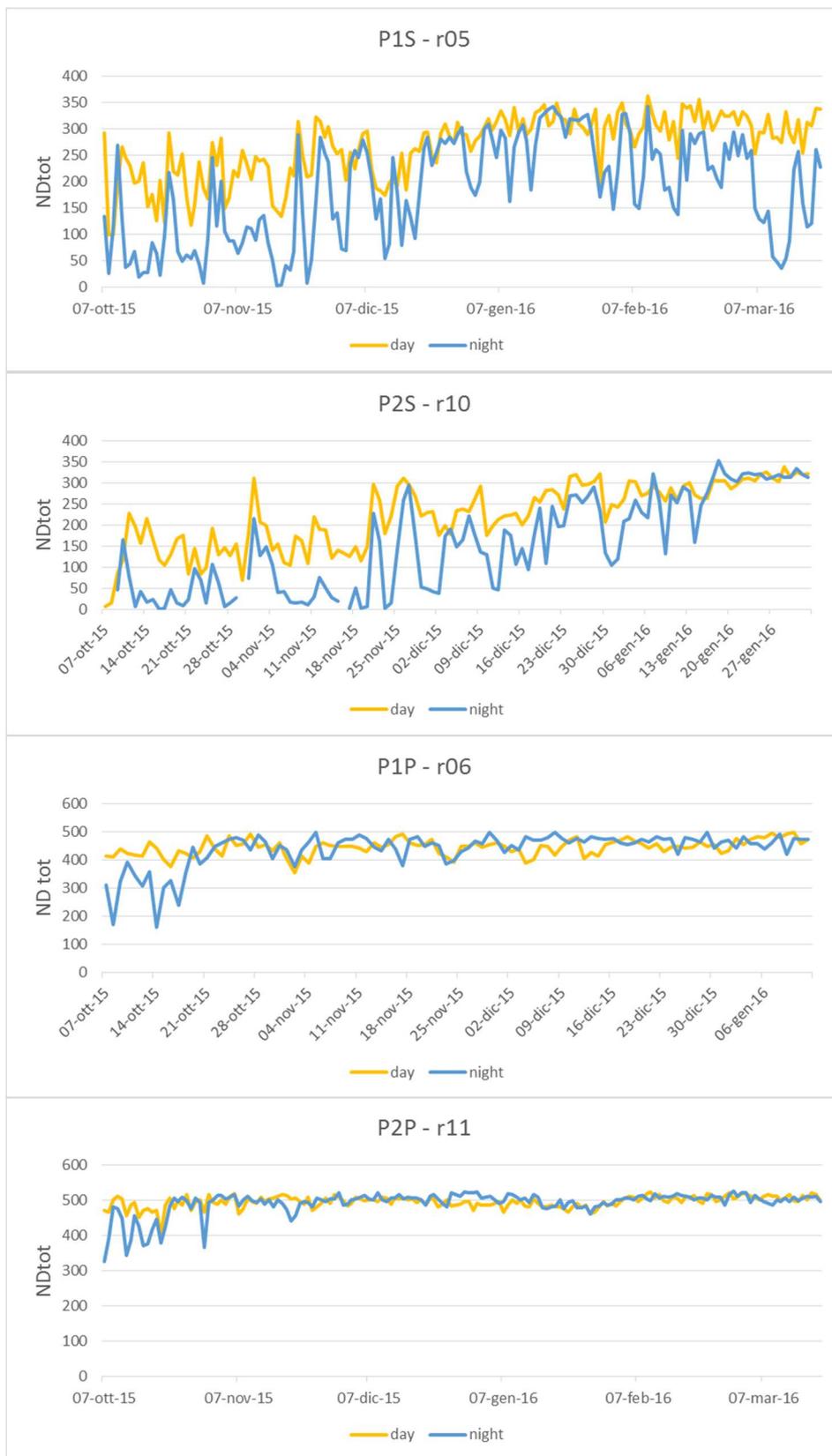
Laddove sono state riscontrate delle differenze, si è proceduto con la calibrazione dei dati ricevuti per la valutazione puntuale dei pattern di spostamento o dell’attività degli animali marcati durante il giorno o la notte.



*Fig. 13 – Numero di segnali registrati complessivamente da ricevitori posti a diversa distanza dai tag sentinella.*



*Fig. 14 – Numero di segnali totali registrati giornalmente da ricevitori per ciascun tag sentinella.*



*Fig. 15 – Numero di segnali totali registrati giornalmente da ricevitori per ciascun tag sentinella durante il giorno e la notte.*

**Calcolo posizioni** – Per capire gli spostamenti delle aragoste, i dati dei singoli ricevitori sono stati organizzati in un database di Microsoft Access. Il primo passo è stata la rimozione dei falsi segnali, ovvero degli errori dovuti ad interferenze al momento della ricezione.

Dal momento che le aragoste si sono mosse lungo la parete rocciosa della falesia, ovvero su un piano verticale, le posizioni sono state date da due componenti: quella orizzontale data dall'applicazione di un particolare algoritmo sui dati dei ricevitori e quella verticale data dall'informazione sulla profondità.

In particolare, si è proceduto con l'applicazione del metodo del calcolo del COA (Centre Of Activity) rappresentato dalla media pesata delle posizioni linearizzate dei ricevitori per il rispettivo numero di segnali registrato nell'arco di tempo di 20 minuti. Così ad r01 è stato assegnato il valore 0m, ad r02 il valore 120m e così via. In questo modo è stato possibile stabilire la posizione degli animali lungo l'asse orizzontale. La posizione verticale è stata quindi riferita anch'essa a venti minuti, in modo tale da avere per ogni intervallo la posizione XY degli animali marcati sulla falesia

**Tempo di permanenza** – Il monitoraggio si è protratto per un totale di 170 giorni, ovvero dal 06 Ottobre 2015 al 23 Marzo 2016, data in cui sono stati recuperati i ricevitori.

In totale, tre sono le aragoste che sono state censite all'interno dell'area di studio per tutta la durata dell'esperimento: 137, 142 e 145. Delle aragoste con il minor numero di giorni di permanenza, ovvero 140, 141 e 143, dalla sequenza dei segnali registrati e dal pattern di spostamento è stato possibile determinare che la 140, con molta probabilità, abbia perso il trasmettitore o sia morta subito dopo il rilascio. La 141 e la 143 invece hanno abbandonato l'area di studio, recandosi in ambienti profondi al di fuori del raggio d'azione dei ricevitori. Delle restanti tre aragoste la 138 è stata segnalata all'interno dell'area di studio fino al 05/01/16 dopo di che i segnali si sono interrotti bruscamente alla profondità massima di 48m, probabilmente a causa di un malfunzionamento del trasmettitore. La 139 e la 144 hanno scelto degli ambienti profondi, al margine o al di fuori dell'area di copertura dei ricevitori (tab. 4).

ID aragosta	Sesso	LC (mm)	Data rilascio	Data ultimo segnale	Permanenza (g)
137	F	50	06/10/2015	21/03/2016	169
138	F	74	06/10/2015	05/01/2016	92
139	F	63	06/10/2015	14/11/2016	40
140	M	53	06/10/2015	09/10/2016	0
141	M	75	06/10/2015	06/10/2016	1
142	F	60	06/10/2015	22/03/2016	170
143	F	57	06/10/2015	07/10/2016	2
144	F	50	06/10/2015	18/12/2016	74
145	M	53	06/10/2015	22/03/2016	170

*Tab. 4 – tempo di permanenza delle aragoste marcate nell’area di studio, (LC = Lunghezza Carapace, in millimetri).*

**Homing** – Le aragoste marcate, subito dopo il rilascio (ore 11:30 circa) hanno mostrato dei movimenti attivi a partire dalle ore 18:00, ovvero al tramonto. Come noto, questi animali sono attivi durante le ore notturne, trascorrendo invece le ore diurne al riparo di un rifugio roccioso. Dall’analisi dei dati è possibile documentare una spiccata capacità degli animali marcati di ritrovare la strada di “casa” subito dopo il rilascio. In particolare, con esclusione dell’aragosta 140, questo comportamento è stato mostrato da ben 5 animali su 8 ovvero: 138, 139, 141, 142 e 143. Delle restanti tre aragoste, la 137 ha scelto un’area prossima al sito di cattura (da r06 a r07), la 144 è rimasta in prossimità del sito di rilascio (da r04 a r08) mentre la 145 che era stata catturata sul versante orientale (r13), è rimasta in corrispondenza di r09 dopo una lunga esplorazione dei siti durante qualche giorno.

La figura 16 mostra i dettagli degli spostamenti orizzontali e verticali nelle 24 ore successive il rilascio. Dal grafico è possibile osservare che le aragoste hanno compiuto i loro spostamenti verso il sito di cattura, alla base della falesia ovvero muovendosi sul fondale marino (su una superficie orizzontale) antistante la falesia. Solo in un secondo momento si sono mosse sulla parete per raggiungere la tana offerta dal muro di roccia verticale. Questo risultato rappresenta il primo movimento di homing documentato con dettaglio così elevato per questa specie.

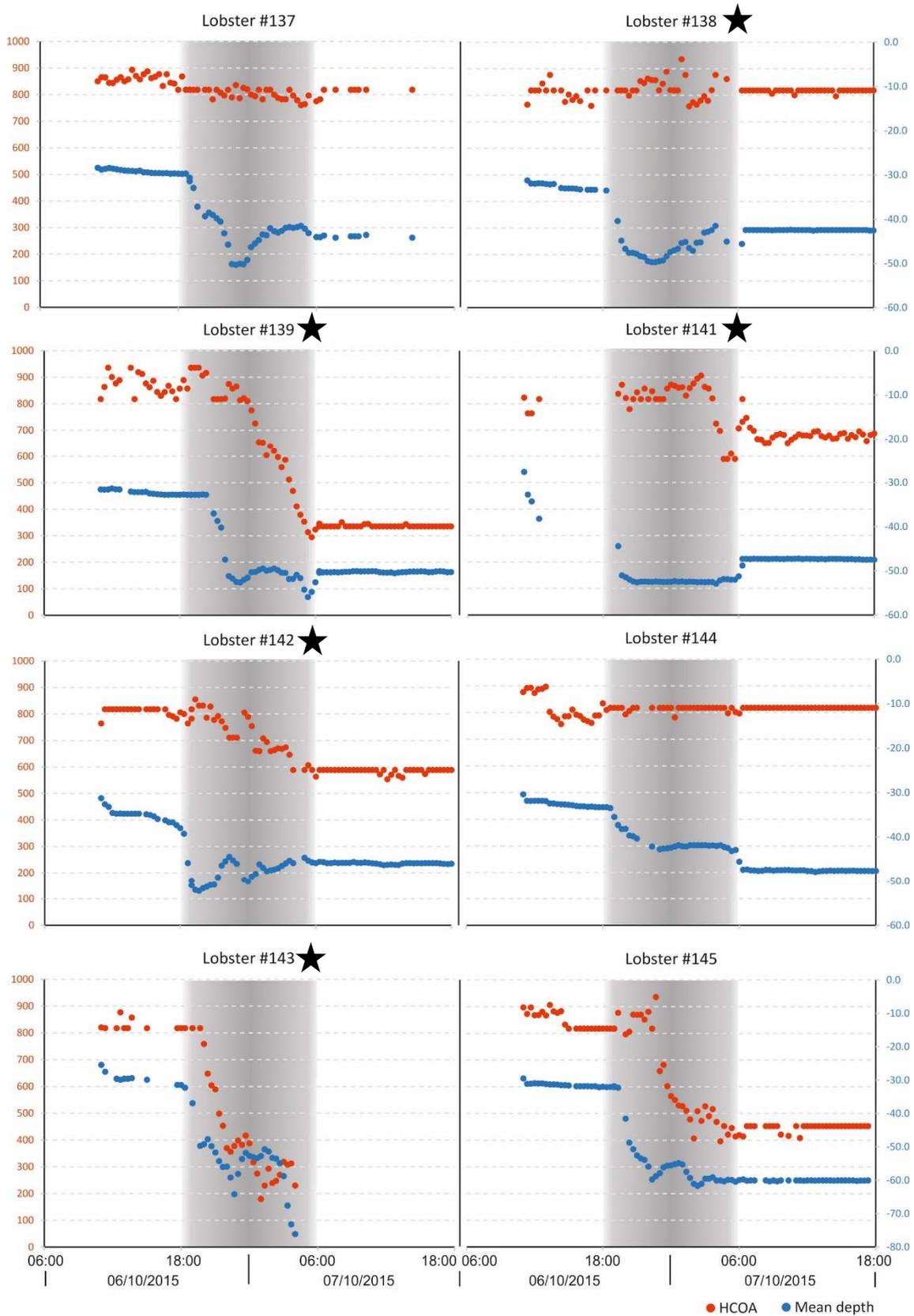
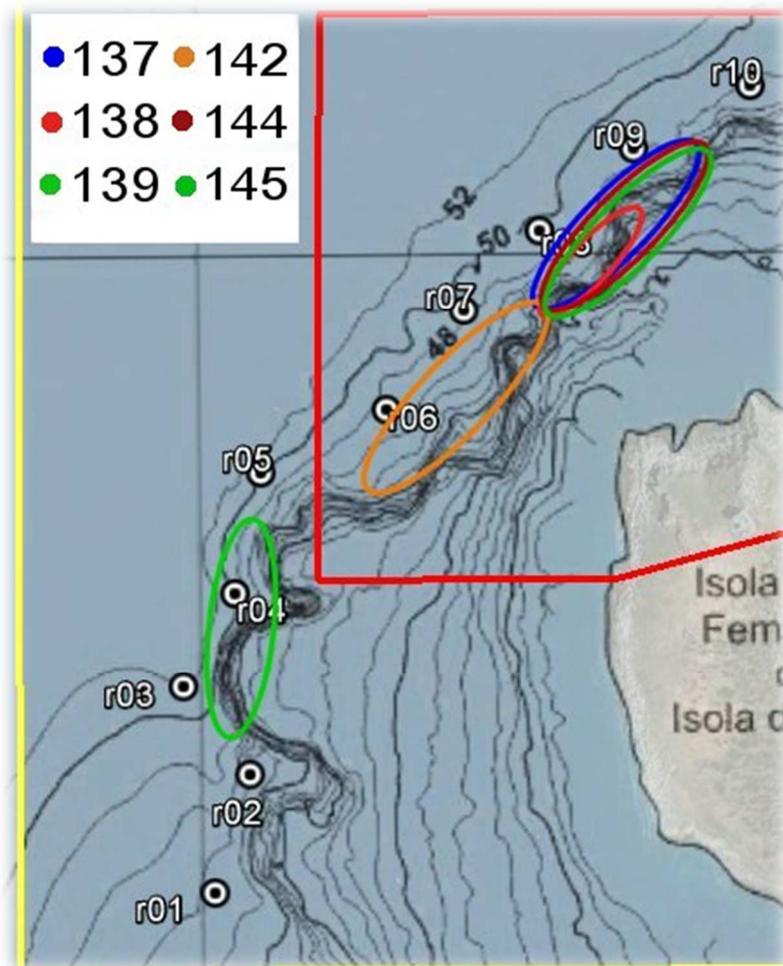


Fig. 16 – Spostamenti orizzontali e verticali delle aragoste durante le 24 ore successive al rilascio. ★ = aragoste che sono ritornate al sito di cattura (homing).

**Distribuzione spaziale** – Le aragoste marcate, si sono mosse attivamente lungo la falesia di ovest-nord-ovest dell'AMP di Isola delle Femmine, interessando sia la zona A che B della riserva (fig. 17). Il grafico in figura 18 mostra le percentuali di ricezione per ciascun ricevitore. In figura non sono rappresentati i ricevitori r11-r15 dal momento che le aragoste marcate non si sono mai spostate sul versante orientale dell'AMP non facendo registrare quindi alcun segnale ai ricevitori di quella zona.



*Fig. 17 - distribuzione spaziale delle aragoste con la più alta permanenza nell'area di studio*

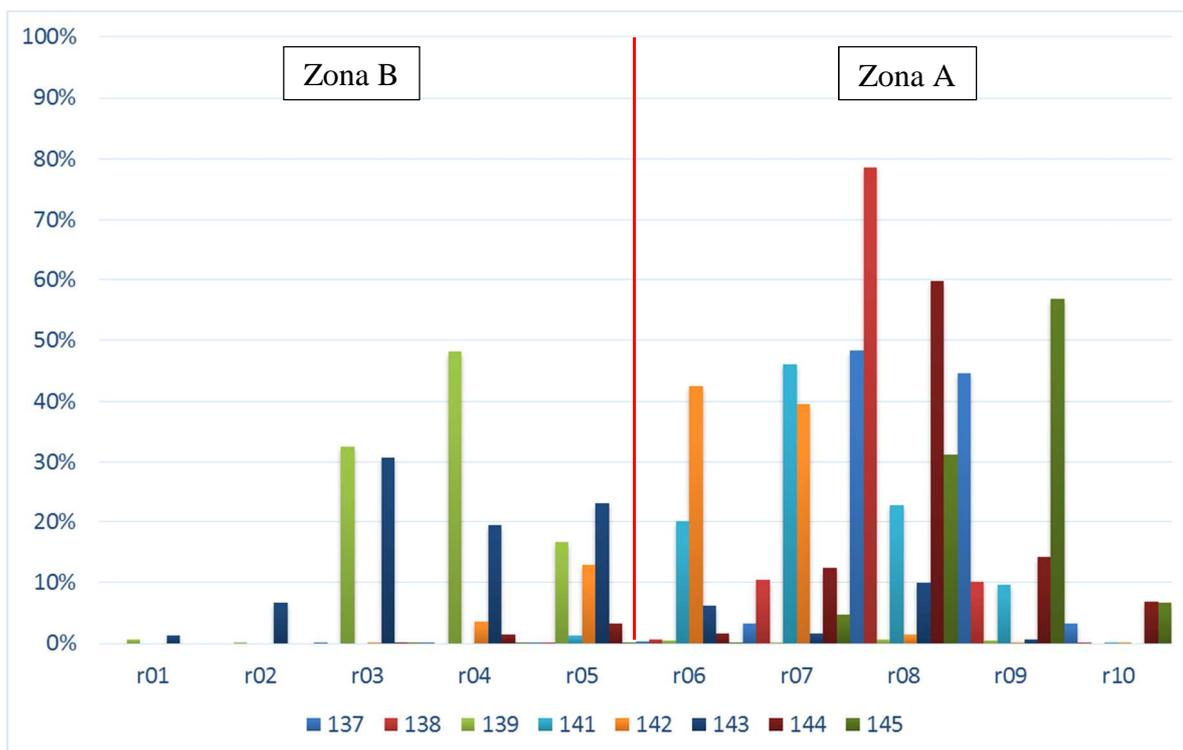


Fig. 18 – Percentuali di ricezione dei segnali di ogni aragosta per ciascun ricevitore.

Dall'analisi dei dati di distribuzione spaziale è possibile inoltre ricavare delle informazioni sull'estensione dell'home range delle 6 aragoste che hanno mostrato i maggiori tempi di permanenza nell'area di studio (tab. 5). I limiti dell'home range sono stati calcolati considerando l'area descritta dagli spostamenti verticali e orizzontali nel complesso ed in particolare:

- range batimetrico di ciascun animale frequentato per almeno il 90% del tempo complessivo;
- lunghezza del tratto di falesia sottesa ai ricevitori che hanno contribuito a registrare, in totale, il 90% dei segnali su tutto il periodo.

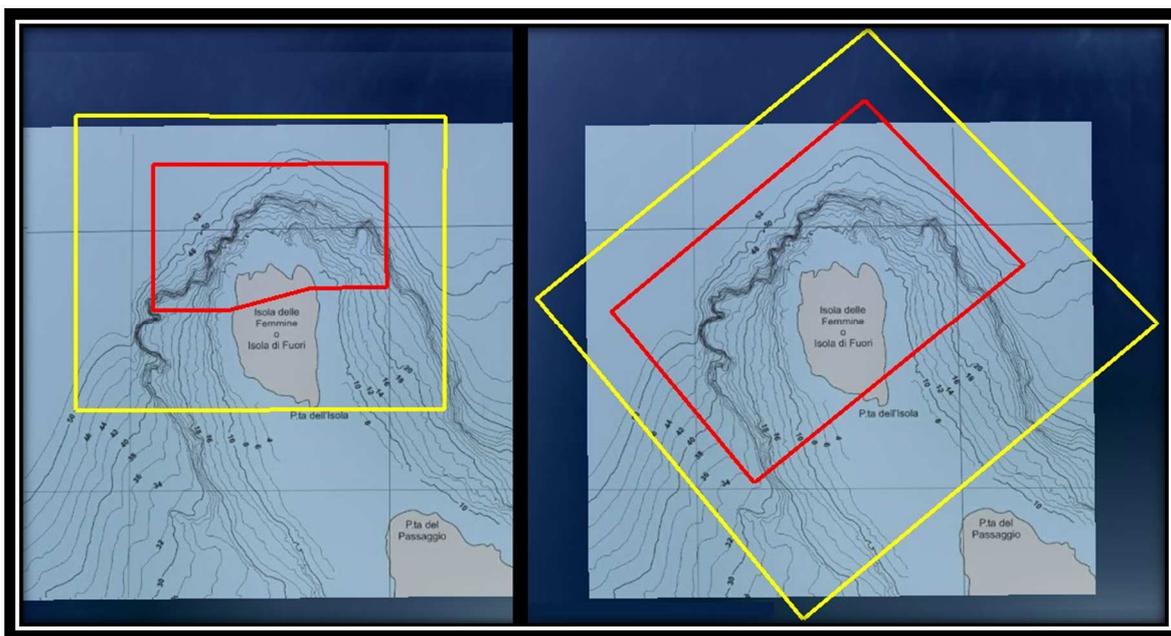
ID aragosta	Range batimetrico (m)	Lunghezza falesia (m)	Home Range (m <sup>2</sup> )
137	5	275	1375
138	5	275	1375
139	10	350	3500
142	8	367	2936
144	5	350	1750
145	7	370	2590

Tab. 5 – Estensione degli home range delle aragoste marcate

## RIDEFINIZIONE PIANO DI PROTEZIONE

I risultati ottenuti da questo progetto di ricerca offrono degli spunti importanti per la gestione dell'Area Marina Protetta. Sia il risultato dei censimenti visivi eseguiti durante la fase di caratterizzazione che il monitoraggio degli spostamenti degli animali marcati, sottolineano l'importanza ecologica della falesia sommersa che si estende da sud-ovest ad est dell'isolotto, la presenza della "Secca Palidda", nonché la prateria di Posidonia oceanica che sussiste sul versante sud dell'isolotto e sulla piattaforma rocciosa al di sopra della falesia.

Da un punto di vista bio-ecologico sussistono quindi delle chiare indicazioni di ripermimetrazione delle zone A e B dell'AMP in funzione delle peculiarità ecologiche documentate, come illustrato nella figura seguente.



Con la "rotazione" dei poligoni ed una leggera estensione in termini di superficie, si offrirebbe una protezione che tiene conto della distribuzione spaziale degli ambienti **sommersi**, piuttosto che di quelli emersi così come avviene al momento.

Se a questo si potesse aggiungere un reale controllo dei luoghi con pronto intervento da parte degli organi preposti (Gestore AMP, Capitaneria di Porto, ecc...) verso i trasgressori, la protezione sarebbe efficace e le ricadute economiche, naturali e sociali diventerebbero inestimabili, così come lo sono in altre AMP italiane e straniere.

## CRITICITÀ E DISCOSTAMENTI DAL PROGETTO ORIGINARIO

Durante lo svolgimento del progetto non sono state riportate delle criticità particolari che hanno impedito il normale svolgimento delle attività di ricerca.

Sono state semmai necessarie delle modifiche al piano finanziario per quanto riguarda la variazione di alcune voci di spesa, alla luce di sopraggiunte necessità durante le fasi operative, così come descritto nel documento di rendicontazione economica allegato.

La richiesta di proroga del progetto, è stata giustificata dall'estensione della finestra temporale di acquisizione dei dati di telemetria delle aragoste marcate e rilasciate in mare. In questo modo è stato possibile protrarre il monitoraggio degli animali durante un arco di tempo di circa 6 mesi (da Ottobre 2015 a Marzo 2016) raccogliendo importanti informazioni sugli spostamenti.

## CONCLUSIONI

Lo studio condotto ha consentito di arricchire le conoscenze biologiche sull'aragosta comune *Palinurus elephas*, confermando i risultati ottenuti in precedenza nella stessa area (home range e spostamenti nell'AMP). Allo stesso tempo è stato raggiunto un notevole risultato che costituisce un tassello importante dell'etologia di questa specie riguardo il fenomeno di homing, ovvero la capacità dell'animale di ritornare alla propria tana (o sito di cattura) dal sito di rilascio, interpretando le caratteristiche ambientali.

Un altro importante risultato che scaturisce dal monitoraggio a lungo termine degli animali marcati, riguarda la permanenza degli stessi nell'area di studio. Sebbene per questa specie è nota una migrazione invernale verso habitat più profondi (oltre 50m), tre degli animali marcati non hanno abbandonato la falesia durante i mesi più freddi, facendo registrare la loro presenza in maniera continua. Gli animali che invece hanno abbandonato l'area di studio in tempi più o meno variabili non hanno più fatto ritorno.

Infine, i risultati sulla caratterizzazione dell'area di studio, oltre a completare le conoscenze in merito alla struttura dell'habitat delle aragoste, rappresentano una chiara denuncia della mancata protezione in questa Area Marina Protetta.

## RINGRAZIAMENTI

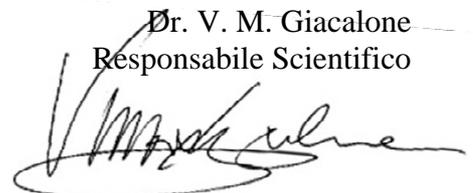
Per la realizzazione di questo progetto si ringraziano: la dottoressa P. Cavolina per la disponibilità e la cortesia mostrate in fase di programmazione delle attività e delle modifiche al piano finanziario in corso d'opera. Lo staff del diving ASD Alalonga di Sferracavallo per il supporto durante le numerose immersioni e le attività di campo.

La cooperativa Krill per la fase di stabulazione delle aragoste ed i lavori in mare.

Il personale scientifico e tecnico coinvolto a vario titolo, nelle persone di (in ordine casuale):

- Giovanni D'Anna (ricercatore, Castellammare del Golfo)
- Michele Gristina (ricercatore, Mazara del Vallo)
- Arturo Zenone (borsista, Capo Granitola)
- Gaspare Buffa (ricercatore, Capo Granitola)
- Carlo Patti (tecnico, Capo Granitola)
- Giuseppe Di Stefano (tecnico, Castellammare del Golfo)
- Javier Ciancio (ricercatore, Cenpat-Conicet, Argentina)
- Carlo Pipitone (ricercatore, Castellammare del Golfo)
- Fabio Badalamenti (ricercatore, Castellammare del Golfo)
- Ricardo da Souza Rosa (ricercatore, UFPB, Brasile)
- Viviana Marquez Velasquez (studente, UFPB, Brasile)
- Manuela Funes (studente, UFPB, Brasile)

Dr. V. M. Giacalone  
Responsabile Scientifico



## ALLEGATO 1: Bibliografia

- Acosta, C.A., Robertson, D.N., 2003. Comparative spatial ecology of fished spiny lobsters *Panulirus argus* and an unfished congener *P. guttatus* in an isolated marine reserve at Glover's Reef atoll, Belize. *Coral Reefs*. 22, 1-9.
- Aiken, D.E., Waddy, S.L., 1989. Allometric growth and onset of maturity in male American lobsters (*Homarus americanus*): the crusher propodite index. *Journal of Shellfish Research*. 8(1), 7-11.
- Annala, J.H., 1981. Movements of rock lobsters (*Jasus edwardsii*) tagged near Gisborne, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 15, 437-443.
- Atkinson, L., 2002. Movement patterns of West Coast rock lobster using acoustic tracking techniques. Final Report for Director General, Department of Environmental Affairs of Tourism, 24.
- Atkinson, L.J., Mayfield, S., Cockcroft, A.C., 2005. The potential for using acoustic tracking to monitor the movement of the West Coast rock lobster *Jasus lalandii*. *African Journal of Marine Science*. 27, 401-408.
- Bannister, R.C.A., Addison, J.T., 1998. Enhancing lobster stocks: a review of recent European methods, results and future prospects. *Bull. of Mar. Sci.* 62, 369-387.
- Barber, J.S., Chosid, D.M., Glenn, R.P., Whitmore, K.A., 2009. A systematic model for artificial reef site selection. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 43, 283-297.
- Barreto, A.D., Katsuragawa, M., 2008. Development stages of the reproductive tract of male of *Panulirus echinatus* Smith (Decapoda : Palinuridae). *Rev Bras Zool*. 25, 74-82.
- Barreto, A.D., Silva, J.R.F., Katsuragawa, M., Raposo, M.C.F., 2008. Development of the ovaries of the lobster *Panulirus echinatus* (Crustacea: Palinuridae) based on macroscopic and microscopic examination and gonadosomatic relation (GSR). *Rev Bras Zool*. 25, 689-695.
- Barrett, N., Buxton, C., Gardner, C., 2009. Rock lobster movement patterns and population structure within a Tasmanian Marine Protected Area inform fishery and conservation management. *Marine and Freshwater Research*. 60, 417-425.
- Barshaw, D.B., Spanier, E., 1994. Anti-predator behaviors of the Mediterranean slipper lobster, *Scyllarides Latus*. *Bulletin of Marine Science*. 55(2-3), 375-382.
- Barshaw, D.E., Lavalli, K.L., Sapanier, E., 2003. Offense versus defense: responses of three morphological types of lobster to predation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 256, 171-182.
- Bernatis, J.L., Gerstenberger, S.L., McGaw, I.J., 2007. Behavioural responses of the Dungeness crab, *Cancer magister*, during feeding and digestion in hypoxic conditions. *Marine Biology*. 150, 941-951.
- Bertelsen, R.D., Hornbeck, J., 2009. Using acoustic tagging to determine adult spiny lobster (*Panulirus argus*) movement patterns in the Western Sambo Ecological Reserve (Florida, United States). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 43, 35-46.
- Bordner, C.E., Conklin, D.E., 1981. Food consumption and growth of juvenile lobsters. *Aquaculture*. 24, 285-300.
- Bouwma, P.E., Herrnkind, W.F., 2009. Sound production in Caribbean spiny lobster *Panulirus argus* and its role in escape during predatory attack *Octopus briareus*.

- New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 43, 3-13.
- Bouwma, P.E., Herrnkind, W.F., 2009. Sound production in Caribbean spiny lobster *Panulirus argus* and its role in escape during predatory attack by *Octopus briareus*. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 43, 3-13.
- Buscaino, G., Filiciotto, F., Gristina, M., Buffa, G., Bellante, A., Maccarrone, V., Patti, B., Mazzola, S., 2011. Defensive strategies of European spiny lobster *Palinurus elephas* during predator attack. Mar Ecol-Prog Ser. 423, 143-154.
- Buscaino, G., Filiciotto, F., Gristina, M., Bellante, A., Buffa, G., Di Stefano, V., Maccarrone, V., Tranchida, G., Buscaino, C., Mazzola, S., 2011. Acoustic behaviour of the European spiny lobster *Palinurus elephas*. Mar Ecol-Prog Ser. 441, 177-184.
- Butler, M.J., Dolan, I.T.W., Hunt, J.H., Rose, K.A., Herrnkind, W.F., 2005. Recruitment in degraded marine habitats: a spatially explicit, individual-based model for spiny lobster. Ecological Applications. 15, 902-918.
- Campillo, A., Amadei, J., 1978. Premières données biologiques sur la langouste de Corse, *Palinurus elephas*, Fabricius. Rev. Trav. Inst. Peches Marit. 42, 347-373.
- Campillo, A., Amadei, J., 1978. Premières données biologiques sur la langouste de Corse, *Palinurus elephas* Fabricius. Rev. Trav. Inst. Peches marit. 42, 347-373.
- Campillo, A., De Reynal, L., Amadei, J., 1979. Premières observations sur la reproduction de la langouste rouge *Palinurus elephas* Fabr. de Méditerranée. Rapp. Comm. int. Mer Médit. 25/26(4), 239-240.
- Campillo, A., Amadei, J., De Reynal, L., 1979. Croissance en captivité de la langouste rouge *Palinurus elephas* Fabr. Rapp. Comm. int. Mer Médit. 25/26(4).
- Caputi, N., Chubb, C., Melville-Smith, R., Pearce, A., Griffini, D., 2003. Review of relationship between life history stages of western rock lobster, *Palinurus cygnus*, in Western Australia. Fish. Res. 65, 47-61.
- Ceccaldi, H.J., Latrouite, D., 2001. The French Fisheries for the European Spiny Lobster *Palinurus elephas*. Blackwell Scientific Press, Oxford, pp. 200-209.
- Childress, M.J., 1997. Marine reserves and their effects on lobster populations: report from a workshop. Mar. Freshwater Res. 48, 1111-1114.
- Collins, K.J., Smith, I.P., Jensen, A.C., Addison, J.T., Bannister, R.C.A., 2000. Measuring lobster (*Homarus gammarus* (L.)) catchability using electromagnetic telemetry. CEFAS, pp. 185-192.
- Comeau, M., Savoie, F., 2002. Movement of American lobster (*Homarus americanus*) in the southwestern Gulf of St. Lawrence. Fish. Bull. 100, 181-192.
- Comeau, M., Mallet, M., 2003. The effect of timing of tagging on streamer-tag recapture rates for American lobster (*Homarus americanus*). Fish. Bull. 101, 476-483.
- Conan, G.Y., 1986. Summary of Session 5: Recruitment Enhancement. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43, 2384-2388.
- Crear, B.J., Hart, P.R., Thomas, C.W., 2003. The effect of photoperiod on growth, survival, colour and activity of juvenile southern rock lobster, *Jasus edwardsii*. Aquaculture Research. 34, 439-444.
- Davidson, R.J., Villouta, E., Cole, R.G., Barrier, R.G.F., 2002. Effects of marine reserve protection on spiny lobster (*Jasus edwardsii*) abundance and size at Tonga Island Marine Reserve, New Zealand. Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst. 12, 213-227.
- Davidson, R.J., Villouta, E., Cole, R.G., Barrier, R.G.F., 2002. Effects of marine reserve

- protection on spiny lobster (*Jasus edwardsii*) abundance and size at Tonga Island Marine Reserve, New Zealand. *Aquat Conserv.* 12, 213-227.
- Davis, G.E., 1981. Effects of injuries on spiny lobster, *Panulirus argus*, and implications for fishery management. *Fish. Bull.* 78, 979-984.
- Davis, G.E., Dodrill, J.W., 1979. Marine parks and sanctuaries for spiny lobster fisheries management. *Proc. 32nd Gulf Carib. Fish. Inst.*, 194-207.
- Diaz, D., Mari, M., Abello, P., Demestre, M., 2001. Settlement and juvenile habitat of European spiny lobster *Palinurus elephas* (Crustacea: Decapoda: Palinuridae) in the western Mediterranean Sea. *Scientia Marina.* 65, 347-356.
- Eggleston, D.B., Lipcius, R.N., Marshall, L.S., Ratchford, S.G., 1998. Spatiotemporal variation in postlarval recruitment of the Caribbean spiny lobster in the central Bahamas: lunar and seasonal periodicity, spatial coherence, and wind forcing. *Mar Ecol-Prog Ser.* 174, 33-49.
- Ennis, G.P., 1984. Small-scale seasonal movements of the american lobster *Homarus americanus*. *Transactions of the American Fisheries Society.* 113, 336-338.
- Favaro, L., Tirelli, T., Gamba, M., Pessani, D., 2011. Sound production in the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae). *Zool Anz.* 250, 143-150.
- Fogarty, M.J., Borden, D.V.D., Russell, H.J., 1980. Movements of tagged american lobster, *Homarus americanus*, off Rhode Island. *Fish. Bull.* 78, 771-780.
- Follesa, M.C., Cuccu, D., Cannas, R., Cau, A., 2007. On the growth of the European spiny lobster, *Palinurus elephas* from Sardinian waters (central western Mediterranean Sea). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research.* 41, 377-383.
- Follesa, M.C., Cuccu, D., Cannas, R., Sabatini, A., Cau, A., 2007. Emigration and retention of *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) in a central western Mediterranean marine protected area. *Scientia Marina.* 71, 279-285.
- Follesa, M.C., Cuccu, D., Cannas, R., Sabatini, A., Deiana, A.M., Cau, A., 2009. Movement patterns of the spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) from a central western Mediterranean protected area. *Scientia Marina.* 73, 499-506.
- Follesa, M.C., Cannas, R., Cau, A., Cuccu, D., Gastoni, A., Ortu, A., Pedoni, C., Porcu, C., Cau, A., 2011. Spillover effects of a Mediterranean marine protected area on the European spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) resource. *Aquat Conserv.* 21, 564-572.
- Fornshell, J.A., Tesei, A., Fox, P.D., 2010. Acoustic Signatures of Three Marine Arthropods, *Squilla mantis* (Linnaeus, 1758), *Homarus americanus* (H. Milne Edwards, 1837), and *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758) (Arthropoda, Malacostraca). *Marine Technology Society Journal.* 44, 67-80.
- Freeman, D.J., MacDiarmid, A.B., Taylor, R.B., 2009. Habitat patches that cross marine reserve boundaries: consequences for the lobster *Jasus edwardsii*. *Mar Ecol-Prog Ser.* 388, 159-167.
- Frisch, A.J., 2007. Short- and long-term movements of painted lobster (*Panulirus versicolor*) on a coral reef at Northwest Island, Australia. *Coral Reefs.* 26, 311-317.
- Frisch, A.J., Hobbs, J.P.A., 2007. Photographic identification based on unique, polymorphic colour patterns: A novel method for tracking a marine crustacean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 351, 294-299.
- Frogliola, C., Gramitto, M.E., 1979. An estimate of the fecundity of norway lobster

- (*Nephrops norvegicus*) in the Adriatic Sea. Rapp. Comm. int. Mer Medit. 25/26(4), 227-231.
- Gardner, C., Frusher, S., Haddon, M., Buxton, C., 2003. Movements of the southern rock lobster *Jasus edwardsii* in Tasmania, Australia. Bulletin of Marine Science. 73, 653-671.
- Gell, F.R., Roberts, C.M., 2003. Benefits beyond boundaries: the fishery effects of marine reserves. Trends Ecol Evol. 18, 448-455.
- Giacalone, V.M., D'Anna, G., Pipitone, C., Badalamenti, F., 2006. Movements and residence time of spiny lobsters, *Palinurus elephas* released in a marine protected area: an investigation by ultrasonic telemetry. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 86, 1101-1106.
- Giacalone V. M., Barausse A., Gristina M., Pipitone C., Visconti V., Badalamenti F., D'Anna G. (2014) Diel activity and short-distance movement pattern of the European spiny lobster, *Palinurus Elephas*, acoustically tracked. Marine Ecology, pp 1-11, doi: 10.1111/maec.12148
- Goñi, R., Quetglas, A.R.O., 2003. Differential catchability of male and female European spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) in traps and trammelnets. Fisheries Research. 65, 295-307.
- Goñi, R., Reñones, O., Quetglas, A., 2001. Dynamics of a protected Western Mediterranean population of the European spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) assessed by trap surveys. Mar. Freshwater Res. 52, 1577-1587.
- Gonzalez-Vicente, L., Diaz, D., Mallol, S., Goni, R., 2012. Tag loss in the lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) and implications for population assessment with capture-mark-recapture methods. Fisheries Research. 129, 1-7.
- Goodall, C., Chapman, C., Neil, D., 1990. The Acoustic Response Threshold of the Norway Lobster, *Nephrops-Norvegicus* (L) in a Free Sound Field. Adv Lif Sci, 106-113.
- Groeneveld, J.C., 2002. Long-distance migration of the rock lobster *Palinurus delagoae* off South Africa and Moçambique. S. Afr. J. mar. Sci. 24, 395-400.
- Groeneveld, J.C., Branch, G.M., 2002. Long-distance migration of South African deep-water rock lobster *Palinurus gilchristi*. Mar Ecol-Prog Ser. 232, 225-238.
- Groeneveld, J.C., Greengrass, C.L., van Zyl, D.L., Branch, G.M., 2010. Settlement patterns, size and growth of puerulus and juvenile rock lobster *Jasus lalandii* at an oyster farm in Saldanha Bay, South Africa. African Journal of Marine Science. 32, 501-510.
- Guerra-Castro, E., Carmona-Suarez, C., Conde, J.E., 2011. Biotelemetry of crustacean decapods: sampling design, statistical analysis, and interpretation of data. Hydrobiologia. 678, 1-15.
- Harford, W.J., Ton, C., Babcock, E.A., 2015. Simulated mark-recovery for spatial assessment of a spiny lobster (*Palinurus argus*) fishery. Fisheries Research. 165, 42-53.
- Henninger, H.P., Watson, W.H., 2005. Mechanisms underlying the production of carapace vibrations and associated waterborne sounds in the American lobster, *Homarus americanus*. J Exp Biol. 208, 3421-3429.
- Hepper, B.T., 1977. The fishery for crawfish, *Palinurus elephas*, off the coast of Cornwall. J. mar. biol. Ass. U.K. 57, 925-941.
- Herrnkind, W.F., Butler Iv, M.J., 1986. Factors regulating postlarval settlement and juvenile microhabitat use by spiny lobsters *Palinurus argus*. Mar. Ecol. Progr.

Ser. 34, 23-30.

- Holthuis, L.B., 1991. FAO species catalogue. Vol. 13. Marine lobsters of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries known to date. , Rome.
- Hunter, E., 1999. Biology of the european spiny lobster, *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) (Decapoda, Palinuridea). *Crustaceana*. 72, 545-565.
- Hunter, E., Shackley, S.E., Bennett, D.B., 1996. Recent studies on the crawfish *Palinurus elephas* in South Wales and Cornwall. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 76, 963-983.
- Jeffs, A., Tolimieri, N., Montgomery, J.C., 2003. Crabs on cue for the coast: the use of underwater sound for orientation by pelagic crab stages. *Marine and Freshwater Research*. 54, 841-845.
- Jeffs, A.G., Montgomery, J.C., Tindle, C.T., 2005. How do spiny lobster post-larvae find the coast? *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 39, 605-617.
- Jensen, A.C., Collins, K.J., 1995. The Poole Bay Artificial Reef project 1989 to 1994. *Biol. Mar. Medit.* 2, 111-122.
- Jensen, A., Collins, K., 1996. The use of artificial reefs in crustacean fisheries enhancement. Southampton Oceanography Centre, Southampton, pp. 115-122.
- Jensen, A., Wickins, J., Bannister, C., 2000. The potential use of artificial reefs to enhance lobster habitat. Kluwer Academic Publishers, London, pp. 379-301.
- Jensen, A.C., Collins, K.J., Free, E.K., Bannister, R.C.A., 1994. Lobster (*Homarus gammarus*) movement on an artificial reef: the potential use of artificial reefs for stock enhancement. *Crustaceana*. 67, 198-211.
- Jernakoff, P., 1990. Distribution of Newly Settled Western Rock Lobsters *Panulirus Cygnus*. *Marine Ecology Progress Series*. 66, 63-74.
- Jernakoff, P., Phillips, B.F., Maller, R.A., 1987. A quantitative study of nocturnal foraging distances of the western rock lobster *Palinurus cygnus* George. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 113, 9-21.
- Keller, T.A., Weissburg, M.J., 2004. Effects of odor flux and pulse rate on chemosensory tracking in turbulent odor plumes by the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Biol Bull-U.S.* 207, 44-55.
- Kelly, S., 2001. Temporal variation in the movement of the spiny lobster *Jasus edwardsii*. *Marine and Freshwater Research*. 52, 323-331.
- Kelly, S., MacDiarmid, A.B., 2003. Movement patterns of mature spiny lobsters, *Jasus edwardsii*, from a marine reserve. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 37, 149-158.
- Kelly, S., MacDiarmid, A.B., Babcock, R.C., 1999. Characteristics of spiny lobster, *Jasus edwardsii*, aggregations in exposed reef and sandy areas. *Marine and Freshwater Research*. 50, 409-416.
- Kelly, S., Scott, D., MacDiarmid, A.B., 2002. The value of a spillover fishery for spiny lobsters around a Marine Reserve in Northern New Zealand. *Costal Management*. 30, 153-166.
- Kelly, S., Scott, D., MacDiarmid, A.B., Babcock, R.C., 2000. Spiny lobster, *Jasus edwardsii*, recovery in New Zealand marine reserves. *Biol. Cons.* 92, 359-369.
- Lavalli, K.L., Herrnikind, W.F., 2009. Collective defense by spiny lobster (*Panulirus argus*) against triggerfish (*Balistes capriscus*): effects of number of attackers and defenders. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 43, 15-28.

- Linnane, A., Dimmlich, W., Ward, T., 2005. Movement patterns of the southern rock lobster, *Jasus edwardsii*, off South Australia. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 39, 335-346.
- Lipcius, R.N., Herrnkind, W.F., 1985. Photoperiodic regulation and daily timing of spiny lobster mating behavior. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 89, 191-204.
- Lovell, J.M., Findlay, M.M., Moate, R.M., Yan, H.Y., 2005. The hearing abilities of the prawn *Palaemon serratus*. *Comp Biochem Phys A*. 140, 89-100.
- Luckhurst, B.E., Trott, T., Simmons, N., Manuel, S., 2002. Movement patterns of tagged spiny lobsters *Panulirus argus* on the Bermuda reef platform. *Proceedings of the Fifty-Third Annual Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 76-82.
- MacArthur, L.D., Babcock, R.C., Hyndes, G.A., 2008. Movements of the western rock lobster (*Panulirus cygnus*) within shallow coastal waters using acoustic telemetry. *Marine and Freshwater Research*. 59, 603-613.
- MacArthur, L.D., Hyndes, G.A., Babcock, R.C., Vanderklift, M.A., 2008. Nocturnally active western rock lobsters *Panulirus cygnus* forage close to shallow coastal reefs. *Aquat Biol*. 4, 201-210.
- MacDiarmid, A.B., Hickey, B., Maller, R.A., 1991. Daily movement patterns of the spiny lobster *Jasus edwardsii* (Hutton) on a shallow reef in northern New Zealand. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 147, 185-205.
- Macdiarmid, A.B., Hickey, B., Maller, R.A., 1991. Daily Movement Patterns of the Spiny Lobster *Jasus-Edwardsii* (Hutton) on a Shallow Reef in Northern New-Zealand. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 147, 185-205.
- MacDiarmid, A.B., Oliver, M.D., Stewart, R.A., Gopal, D., 2005. Conservation of unique patterns of body markings at ecdysis enables identification of individual spiny lobster, *Jasus edwardsii*. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 39, 551-555.
- Mai, T.T., Hovel, K.A., 2007. Influence of local-scale and landscape-scale habitat characteristics on California spiny lobster (*Panulirus interruptus*) abundance and survival. *Marine and Freshwater Research*. 58, 419-428.
- Marin, J., 1981. Donnees preliminaires sur la croissance de la langouste rouge, *Palinurus elephas* Fabr. en Corse. *Rapp. Comm. int. Mer Medit.* 27(2), 1-2.
- McGarvey, R., 2004. Estimating the emigration rate of fish stocks from marine sanctuaries using tag-recovery data. *Fish. Bull.* 102, 464-472.
- Melville-Smith, R., Beale, N.E., 2009. Movement patterns of individual migrating western rock lobster, *Panulirus cygnus*, in Western Australia. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 43, 1095-1102.
- Menesatti, P., Aguzzi, J., Costa, C., Garcia, J.A., Sarda, F., 2009. A new morphometric implemented video-image analysis protocol for the study of social modulation in activity rhythms of marine organisms. *J Neurosci Meth.* 184, 161-168.
- Mercer, J.P., 1973. Studies on the spiny lobsters (Crustacea: Decapoda: Palinuridae) of the west coast of Ireland, with particular reference to *Palinurus elephas* Fabricius, 1878.
- Merker-Poczek, B., 1977. Quelques resultates de la recherche des Crustaces Decapodes dans le Golfe de Boka Kotorska. *Rapp. Comm. int. Mer Medit.* 24(4), 109-110.
- Miller, R.J., 1990. Effectiveness of Crab and Lobster Traps. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 47, 1228-1251.
- Mills, D.J., Gardner, C., Oliver, M., 2005. Survival and movement of naive juvenile spiny lobsters returned to the wild. *Journal of Experimental Marine Biology and*

- Ecology. 324, 20-30.
- Mills, D.J., Gardner, C., Johnson, C.R., 2006. Experimental reseeded of juvenile spiny lobsters (*Jasus edwardsii*): Comparing survival and movement of wild and naive lobsters at multiple sites. *Aquaculture*. 254, 256-268.
- Moland, E., Olsen, E.M., Andvord, K., Knutsen, J.A., Stenseth, N.C., 2011. Home range of European lobster (*Homarus gammarus*) in a marine reserve: implications for future reserve design. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 68, 1197-1210.
- Moland, E., Olsen, E.M., Knutsen, H., Knutsen, J.A., Enersen, S.E., Andre, C., Stenseth, N.C., 2011. Activity patterns of wild European lobster *Homarus gammarus* in coastal marine reserves: implications for future reserve design. *Mar Ecol-Prog Ser*. 429, 197-207.
- Montgomery, S.S., Brett, P.A., 1996. Tagging eastern rock lobsters *Jasus verreauxi*: effectiveness of several types of tag. *Fisheries Research*. 27, 141-152.
- Montgomery, J.C., Jeffs, A., Simpson, S.D., Meekan, M., Tindle, C., 2006. Sound as an orientation cue for the pelagic larvae of reef fishes and decapod crustaceans. *Adv Mar Biol*. 51, 143-196.
- Moore, P., Crimaldi, J., 2004. Odor landscapes and animal behavior: tracking odor plumes in different physical worlds. *J Marine Syst*. 49, 55-64.
- Nagata, Y., Koike, T., 1997. Collapse of the diurnal variation pattern of lobster activity and its causes. *Bull. Mar. Sci*. 61, 129-138.
- Norman, C.P., Yamakawa, H., Yoshimura, T., 1994. Habitat selection, growth rate and density of juvenile *Panulirus japonicus* (Von Siebold, 1824) (Decapoda, Palinuridae) at Banda, Chiba Prefecture, Japan. *Crustaceana*. 66, 366-383.
- O'Malley, J.M., Walsh, W.A., 2013. Annual and Long-Term Movement Patterns of Spiny Lobster, *Panulirus Marginatus*, and Slipper Lobster, *Scyllarides Squammosus*, in the Northwestern Hawaiian Islands. *Bulletin of Marine Science*. 89, 529-549.
- Oresland, V., Ulmestrand, M., 2013. European lobster subpopulations from limited adult movements and larval retention. *Ices Journal of Marine Science*. 70, 532-539.
- Patek, S.N., 2002. Squeaking with a sliding joint: mechanics and motor control of sound production in palinurid lobsters. *J Exp Biol*. 205, 2375-2385.
- Patek, S.N., Oakley, T.H., 2003. Comparative tests of evolutionary trade-offs in a palinurid lobster acoustic system. *Evolution*. 57, 2082-2100.
- Patek, S.N., Caldwell, R.L., 2006. The stomatopod rumble: Low frequency sound production in *Hemisquilla californiensis*. *Mar Freshw Behav Phy*. 39, 99-111.
- Patek, S.N., Baio, J.E., 2007. The acoustic mechanics of stick-slip friction in the California spiny lobster (*Panulirus interruptus*). *J Exp Biol*. 210, 3538-3546.
- Patek, S.N., Shipp, L.E., Staaterman, E.R., 2009. The acoustics and acoustic behavior of the California spiny lobster (*Panulirus interruptus*). *J Acoust Soc Am*. 125, 3434-3443.
- Pipitone, C., Tumbiolo, M.L., 1993. Decapod and stomatopod crustaceans from the trawlable bottoms of the Sicilian Channel (central Mediterranean Sea). *Crustaceana*. 65(3), 358-364.
- Pollock, D.E., 1991. Spiny Lobsters at Tristan-Da-Cunha, South-Atlantic - Inter-Island Variations in Growth and Population-Structure. *S Afr J Marine Sci*. 10, 1-12.
- Radford, C., Jeffs, A., Tindle, C., Montgomery, J.C., 2008. Resonating sea urchin

- skeletons create coastal choruses. *Mar Ecol-Prog Ser.* 362, 37-43.
- Radford, C.A., Jeffs, A.G., Tindle, C.T., Montgomery, J.C., 2008. Temporal patterns in ambient noise of biological origin from a shallow water temperate reef. *Oecologia.* 156, 921-929.
- Radford, C.A., Stanley, J.A., Tindle, C.T., Montgomery, J.C., Jeffs, A.G., 2010. Localised coastal habitats have distinct underwater sound signatures. *Mar Ecol-Prog Ser.* 401, 21-29.
- Ratchford, S.G., Eggleston, D.B., 1998. Size- and scale-dependent chemical attraction contribute to an ontogenetic shift in sociality. *Animal Behaviour.* 56, 1027-1034.
- Relini, M., Torchia, G., 1998. Inaspettato percorso di un'aragosta in Mar Ligure. *Biol. Mar. Medit.* 5, 641-643.
- Relini Orsi, L., Mori, M., 1977. Osservazione sull'alimentazione dei Geryon longipes A. Milne Eddwards 1881 (Crustacea decapoda brachiura) dei fondi batiali liguri. *Atti IX Congr. SIBM,* 375-387.
- Richards, P.R., Wickins, J.F., 1979. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, lobster culture research. Lab. Leaflet, MAAF Direct.. *Fish. Res.* 47, 1-33.
- Rotllant, G., Aguzzi, J., Sarria, D., Gisbert, E., Sbragaglia, V., Del Rio, J., Simeo, C.G., Manuel, A., Molino, E., Costa, C., Sarda, F., 2015. Pilot acoustic tracking study on adult spiny lobsters (*Palinurus mauritanicus*) and spider crabs (*Maja squinado*) within an artificial reef. *Hydrobiologia.* 742, 27-38.
- Sarria, D., Sbragaglia, V., Gomariz, S., Garcia, J.A., Artero, C., Aguzzi, J., Sarda, F., Manuel, A., 2015. Light and current generation system for measuring the behaviour of the Norway lobster. *Measurement.* 69, 180-188.
- Scopel, D.A., Golet, W.J., Watson, W.H., 2009. Home range dynamics of the American lobster, *Homarus americanus*. *Mar Freshw Behav Phy.* 42, 63-80.
- Secci, E., Cuccu, D., Follesa, M.C., Cau, A., 1998. Fishery and tagging of *Palinurus elephas* in Sardinian seas. *Balkema, Rotterdam,* pp. 665-672.
- Secci, E., Cuccu, D., Follesa, M.C., Cau, A., 2000. Fishery and tagging of *Palinurus elephas* in Sardinian seas. *Crustacean Iss.* 12, 665-672.
- Secci, E., Cuccu, D., Follesa, M.C., Sabatini, A., Cau, A., 1999. Ripopolamento di *Palinurus elephas* (Fabr. 1787) in un'area della Sardegna centro-occidentale. *Biol. Mar. Medit.* 6, 614-616.
- Serafim, P., Aubyn, A.S.T., Castro, M., 1998. Concepts of reproductive value and reproductive potential and their utility for stock assessment and management: spiny lobster *Palinurus elephas* from the coast of Portugal as a model. *Balkema, Rotterdam,* pp. 657-664.
- Sharp, W.C., Lellis, W.A., Butler, M.J., Herrnkind, W.F., Hunt, J.H., Pardee-Woodring, M., Matthews, T.R., 2000. The use of coded microwire tags in mark-recapture studies of juvenile Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*. *J Crustacean Biol.* 20, 510-521.
- Shaw, W.N., 1986. Species profile: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (Pacific Southwest) - spiny lobster. *U.S. Fish Wildl.Serv. Biol. Rep.* 82(11.47). U.S. Army Corps of Engineers TR EL-82-4, 10 pp.
- Smith, I.P., Collins, K.J., Jensen, A.C., 1999. Seasonal changes in the level and diel pattern of activity in the European lobster *Homarus gammarus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 186, 255-264.
- Smith, I.P., Collins, K.J., Jensen, A.C., 2000. Digital electromagnetic telemetry system

- for studying behaviour of decapod crustaceans. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 247, 209-222.
- Smith, I.P., Jensen, A.C., Collins, K.J., Matthey, E.L., 2001. Movement of wild European lobsters *Homarus gammarus* in natural habitat. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 222, 177-186.
- Spanier, E., Almog-Shtayer, G., 1992. Shelter preferences in the Mediterranean slipper lobster: effects of physical properties. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 164, 103-116.
- Srisurichan, S., Caputi, N., Cross, J., 2005. Impact of lunar cycle and swell on the daily catch rate of western rock lobster (*Panulirus cygnus*) using time series modelling. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 39, 749-764.
- Staaterman, E.R., Claverie, T., Patek, S.N., 2010. Disentangling defense: the function of spiny lobster sounds. *Behaviour*. 147, 235-258.
- Staaterman, E.R., Clark, C.W., Gallagher, A.J., deVries, M.S., Claverie, T., Patek, S.N., 2011. Rumbling in the benthos: acoustic ecology of the California mantis shrimp *Hemisquilla californiensis*. *Aquat Biol.* 13, 97-105.
- Steen, R., Ski, S., 2014. Video-surveillance system for remote long-term in situ observations: recording diel cavity use and behaviour of wild European lobsters (*Homarus gammarus*). *Marine and Freshwater Research*. 65, 1094-1101.
- Steyn, E., Schleyer, M.H., 2011. Movement patterns of the East Coast rock lobster *Panulirus homarus rubellus* on the coast of KwaZulu-Natal, South Africa. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 45, 85-101.
- Stockhausen, W.T., Lipcius, R.N., 2001. Single large or several small marine reserves for the Caribbean spiny lobster? *Marine and Freshwater Research*. 52, 1605-1614.
- Sutcliffe, W.H., 1956. Effect of light intensity on the activity of the Bermuda Spiny Lobster, *Panulirus argus*. *Ecology*. 37, 200-201.
- Taggart, S.J., Mondragon, J., Andrews, A.G., Nielsen, J.K., 2008. Spatial patterns and movements of red king and Tanner crabs: implications for the design of marine protected areas. *Mar Ecol-Prog Ser.* 365, 151-163.
- Van der Meeren, G.I., 2000. Predation on hatchery-reared lobster released in the wild. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57, 1794-1803.
- Waddington, K., Melville-Smith, R., Walker, D., Knott, B., 2005. Effect of reproductive state and sex on movement and food consumption of western rock lobster (*Panulirus cygnus*) in a tank environment. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 39, 365-372.
- Ward, D., Morison, F., Morrissey, E., Jenks, K., Watson, W.H., 2011. Evidence that potential fish predators elicit the production of carapace vibrations by the American lobster. *J Exp Biol.* 214, 2641-2648.
- Watson, W.H., III, Golet, W., Scopel, D., Jury, S., 2009. Use of ultrasonic telemetry to determine the area of bait influence and trapping area of American lobster, *Homarus americanus*, traps. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 43, 411-418.
- Watson III, W.H., Vetrovs, A., Howell, H., 1999. Lobster movement in a estuary. *Mar. Biol.* 134, 65-75.
- Wickins, J.F., 1995. Experimental studies of lobster habitat requirements in reef structures. *Japan International Marine Science and Technology Federation, Tokyo*, pp. 652-657.

- Withy-Allen, K.R., Hovel, K.A., 2013. California spiny lobster (*Panulirus interruptus*) movement behaviour and habitat use: implications for the effectiveness of marine protected areas. *Marine and Freshwater Research*. 64, 359-371.
- Wolcott, T.G., 1995. New options in physiological and behavioural ecology through multichannel telemetry. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 193, 257-275.