



**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE**  
**DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E**  
**DELL'AMBIENTE**

**Corso di Laurea Magistrale**  
**Biologia marina**

**Costruzione di strutture per il ripopolamento**  
**e l'allevamento di organismi marini**

**Building of structures for resettlement and**  
**farming of marine organisms**

Tesi di Laurea Magistrale di:

Dott. Luca Giorgini

Relatore:

Chiar.ma Prof.ssa Barbara Calcinai

Correlatore:

Chiar.mo Prof. Carlo Cerrano

**Sessione Ottobre 2021**

**Anno Accademico 2020/2021**

# INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>Capitolo primo - INTRODUZIONE.....</b>                            | <b>4</b>  |
| <i>1.1 Strutture per il ripopolamento di Sepia officinalis.....</i>  | <i>12</i> |
| <i>1.2 Strutture per l'allevamento di Chondrosia reniformis.....</i> | <i>18</i> |
| <i>1.3 Obiettivo dello studio .....</i>                              | <i>22</i> |
| <b>Capitolo secondo – MATERIALI E METODI.....</b>                    | <b>23</b> |
| <b>2.1 Caso studio 1: Sepia officinalis .....</b>                    | <b>23</b> |
| <b>2.1.1 Caratteristiche generali .....</b>                          | <b>23</b> |
| <b>2.1.2 Area di studio .....</b>                                    | <b>34</b> |
| <b>2.1.3 Metodologie applicate .....</b>                             | <b>38</b> |
| <b>2.2 Caso studio 2: Chondrosia reniformis.....</b>                 | <b>41</b> |
| <b>2.2.1 Caratteristiche generali .....</b>                          | <b>41</b> |
| <b>2.2.2 Area di studio .....</b>                                    | <b>50</b> |
| <b>2.2.2 Metodologie applicate .....</b>                             | <b>52</b> |
| <b>Capitolo terzo - RISULTATI .....</b>                              | <b>58</b> |
| <b>3.1 Risultati caso studio 1: Sepia officinalis.....</b>           | <b>58</b> |
| <b>3.2 Risultati caso studio 2: Chondrosia reniformis.....</b>       | <b>59</b> |
| <b>Capitolo quarto - DISCUSSIONI .....</b>                           | <b>77</b> |
| <b>4.1 Discussioni caso studio 1: Sepia officinalis.....</b>         | <b>77</b> |
| <b>4.2 Discussioni caso studio 2: Chondrosia reniformis.....</b>     | <b>80</b> |
| <b>Capitolo quinto - CONCLUSIONI.....</b>                            | <b>88</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....</b>                                | <b>90</b> |
| <b>RINGRAZIAMENTI .....</b>  | <b>94</b> |

## ABSTRACT

The following project deals with the building and use of artificial structures for the resettlement and farming of marine organisms. This work focuses on two case studies: *Sepia officinalis* (Linneus, 1758) and *Chondrosia reniformis* (Nardo, 1846). Concrete cubes of several sizes have been used to boost *Sepia officinalis*' egg laying in the Adriatic Sea and promote mariculture of *Chondrosia reniformis*. With regard to common cuttlefish's study, no significant results have been achieved, since no egg laying occurred; monitoring activities were too brief to draw final conclusions, thus we need to consider data along a greater time span. As far as sponge's case study, the implemented structures have positively enhanced organisms' growth. Both case studies are still underway: in order to understand the real effectiveness of used artificial substrates, further research is called for.

# Capitolo primo

## INTRODUZIONE

L'ambiente marino è caratterizzato da un'enorme ricchezza biotica fondamentale per il funzionamento di questo ecosistema. Le risorse che esso contiene sono alla base di tante attività antropiche come la pesca, il turismo, la medicina, la cosmetica e tante altre attività ricreative. Tuttavia, l'enorme sfruttamento da parte dell'uomo delle risorse e dello spazio marino, in particolare per le attività di pesca e acquacoltura, ha incrementato la pressione su questo ecosistema, minacciandone l'integrità. In aggiunta a tutto ciò, il cambiamento climatico sta causando altre importanti problematiche. Focalizzandosi sulle specie pescate in Italia si può evidenziare come alcune di esse siano effettivamente a rischio di estinzione. Secondo lo IUCN l'anguilla è inserita tra le specie in "pericolo critico", la cernia tra quelle in "pericolo", fino ad arrivare al merluzzo che fa parte della categoria "quasi minacciato" (IUCN, 2021).

Questi sono solo alcuni esempi di specie il cui stock si sta avvicinando al collasso a causa della pressione antropica. Una delle risorse ittiche vittima di sovrasfruttamento in Italia è sicuramente la seppia comune (*Sepia officinalis*, Linnaeus, 1758) (Fig.1).



**Fig.1: *Sepia officinalis*,**  
**Coop. San Marco Burano – Agriteco s.c. (2015)**

Questa specie viene molto sfruttata nell'Adriatico centro-settentrionale ed è per questo bersaglio di attività di pesca da parte di flotte non solo provenienti dall'Italia, ma anche dalla Croazia. *Sepia officinalis* è principalmente pescata a strascico, sia come specie bersaglio che come by catch. Questo tipo di pesca si effettua tutto l'anno, con un periodo di chiusura (almeno 30 giorni consecutivi) per i pescherecci da traino italiani, tra luglio e ottobre, a seconda del distretto marittimo. La seppia comune è anche bersaglio di tramagli, reti fisse scoperte e altre attrezzature (pesca artigianale). Lo sfruttamento non ha limiti di età degli individui pescati; non esiste una taglia minima che non possa essere pescata per questa specie. L'Italia ha il valore dello sforzo di pesca più alto rispetto alla Croazia. Le seppie sono generalmente note per deporre le uova sulle fanerogame marine, ma nel Mar Adriatico centro-settentrionale questo tipo di vegetazione è poco presente a causa dalle attività umane (pesca con draghe idrauliche, acquacoltura estensiva di molluschi e inquinamento). La scarsità di

substrati naturali incoraggia la deposizione di uova di seppia su substrati artificiali, come nasse (Fig.2), trappole e altri strumenti da pesca. Le uova vengono deposte non solo sulle superfici interne degli strumenti da pesca, ma spesso anche su quelle esterne. Inoltre, la presenza di uova attira le seppie mature, stimolando così la deposizione di altre uova sulle nasse e sulle trappole (Regione Marche – Dipartimento Economia della Pesca, 2019).



**Fig.2: Nassa con uova di seppia,**

**<https://bea.bio/moltiplicare-pesci-restocking/nassa-con-uova-di-seppie-attaccate-alla-rete/>  
(2016)**

Nel momento in cui questa strumentazione viene prelevata dal mare, spesso le uova vengono danneggiate o perdute, creando così un grave danno e facendo diminuire le popolazioni locali di seppia. In aggiunta, l'eventuale recupero delle uova dalla strumentazione da pesca risulta molto complicato e di difficile attuazione, essendo le suddette molto delicate. Quindi sia la pesca eccessiva di questa specie che il tipo di deposizione delle uova, che avviene in prevalenza

sulla strumentazione da pesca, concorrono a erodere in maniera costante ed inesorabile gli stock di *Sepia officinalis*, rendendo molto probabile in futuro l'inserimento di questa specie tra quelle in pericolo critico.

Un altro gruppo di notevole interesse commerciale, sul quale c'è stata e inizia di nuovo ad esserci una grande pressione antropica, sono i Poriferi.

Lo sfruttamento degli organismi appartenenti a questo phylum inizialmente era dovuto al loro utilizzo come “spugne da bagno”: specie commercialmente rilevanti come *Spongia officinalis* (Linnaeus, 1759) e *Hippospongia communis* (Lamarck, 1814) sono state pescate con questo scopo. Nel XIX secolo ci si è resi conto che la presenza di questi invertebrati stava diminuendo in maniera preoccupante e si è iniziato a cercare metodi alternativi al prelievo, come la maricoltura. Negli ultimi venti anni la scoperta di metaboliti biologicamente attivi nelle spugne ha iniziato ad attirare ancor più interesse verso questi organismi. Le spugne potrebbero garantire una fornitura sostenibile di composti bioattivi e biomateriali derivati molto importanti per la nostra vita (Gökalp et al., 2019).

Lo sfruttamento derivante, se non controllato in maniera sostenibile, rischia di avere un impatto negativo ingente sulle specie considerate.

Negli ultimi anni sono state registrate numerose morie di spugne. Non sono ancora chiare le cause di questi eventi che iniziano ad essere sempre più

frequenti sia in Mediterraneo che nei mari tropicali. Di sicuro l'innalzamento della temperatura dell'acqua dei mari ha avuto un ruolo cruciale nell'innescare le malattie che hanno provocato questi eventi di elevata mortalità delle comunità di Poriferi (Di Camillo, 2009).

Tra le specie di Poriferi che possono essere sfruttate a causa della presenza di sostanze di interesse commerciale c'è *Chondrosia reniformis* (Fig.3).



**Fig.3: *Chondrosia reniformis*,**

**<http://www.marinespecies.org/photogallery.php?album=714&pic=12647> (2008)**

Questa specie è stata molto studiata negli ultimi anni a causa della sua elevata produzione di collagene, e lo spettro di uno sfruttamento non sostenibile è alle porte.

Le fonti marine di collagene hanno attirato molta attenzione a causa della loro alta resa a basso costo. Il collagene di tipo I è quello più estratto da organismi

marini, essendo un biomateriale molto importante nel campo dell'ingegneria tissutale. Il collagene di tipo II si può ottenere dalla cartilagine del pesce e anche da alcune meduse. La spugna marina *Chondrosia reniformis* è nota per contenere collagene di tipo IV. Questo tipo di collagene è una fonte importante per medicinali e per uso industriale. Inoltre, recentemente, si è iniziato a sfruttare il collagene marino come un nuovo biomateriale per colture cellulari e tissutali in maniera alternativa ai collagene di mammifero convenzionali come quelli bovini e suini (Felix Felician et al., 2018).

Le diverse applicazioni del collagene marino sono tutt'ora materia di studio e c'è ancora molto da scoprire. Tanti studi hanno evidenziato come questo possa essere usato come sistema di somministrazione di farmaci, ingegneria dei tessuti, cosmetici e nell'ambito nutricosmetico. Ecco alcune delle potenziali applicazioni:

- **Ingegneria dei tessuti** → il collagene favorisce la rigenerazione dei tessuti, la migrazione cellulare e l'interazione con la matrice cellulare. Questa sostanza, come descritto da alcuni studi, sembra essere stata individuata come un biomateriale molto promettente per il ripristino delle funzioni fisiologiche dei tessuti duri nell'essere umano (Felix Felician et al., 2018).

- **Sistema di somministrazione dei farmaci** → Il sistema di somministrazione dei farmaci è la tecnica attraverso la quale un farmaco viene somministrato tramite un mezzo o veicolo a un paziente per ottenere un effetto terapeutico. Il collagene marino ha il potenziale per essere utilizzato nella produzione di microparticelle per il rilascio controllato di proteine terapeutiche. Questo collagene può essere trasformato in film polimerici contenenti L-cisteina cloridrato per la guarigione delle ferite. Studi in vitro hanno dimostrato che la cisteina nel biopolimero viene rilasciata più lentamente nel sito della ferita rispetto al farmaco puro. Questa è una caratteristica che ha destato molto interesse (Felix Felician et al., 2018).
- **Cosmetici e nutricosmetica** → Il collagene è uno degli ingredienti principali in molti prodotti cosmetici, comprese creme e lozioni, a causa delle sue proprietà come umettante e idratante naturale. A differenza degli umettanti a basso peso molecolare, come la glicina e l'urea, il collagene, che ha un alto peso molecolare, non viene assorbito dalla pelle, mantenendola idratata. A causa dei maggiori rischi allergici del collagene bovino e suino (collagene convenzionale), recentemente, ci sono stati diversi studi sul collagene marino per le applicazioni cosmetiche. Questo collagene potrebbe potenzialmente non dare reazioni

allergiche o infiammazioni. Il collagene di *Chondrosia reniformis* è stato confrontato con il collagene convenzionale in termini di proprietà fisico-chimiche e cosmetiche, risultando simile. Inoltre, il collagene spugnoso può aumentare i lipidi della pelle, caratteristica aggiuntiva rispetto al collagene bovino o suino. Per contrastare l'invecchiamento della pelle, il collagene può anche essere consumato come cibo o integratore. Quello di tipo I e quello di tipo II sono i più presenti nei cosmetici e negli integratori (Felix Felician et al., 2018).

I poriferi possono anche essere allevati insieme ad altri organismi nei sistemi di maricoltura integrata, nel quale le spugne assorbono i rifiuti metabolici da altri componenti del sistema, incluso il batterioplancton che cresce su questi rifiuti. Così facendo si possono ridurre efficacemente i flussi di sostanze di rifiuto dagli allevamenti ittici, avendo questi organismi dimostrato un'efficienza di ritenzione fino al 99% per nano- e picoplancton. Quindi, se vicino ad un allevamento ittico viene costruito un impianto di maricoltura di spugne su larga scala, la qualità dell'acqua in quel dato sito può migliorare notevolmente. Allo stesso tempo, la nutrizione aggiuntiva proveniente dall'allevamento ittico va a favorire la crescita delle spugne in coltura, garantendo così un business più efficiente e redditizio (Gökalp et al., 2019).

*Chondrosia reniformis* ha una grande capacità di assorbimento di sedimento e questa sua caratteristica la rende perfetta per essere sfruttata a questo scopo.

Tutte queste problematiche inerenti a *Sepia officinalis* e *Chondrosia reniformis* hanno spinto diversi ricercatori a trovare strutture artificiali alternative per favorire rispettivamente il ripopolamento di una e l'allevamento dell'altra.

### ***1.1 Strutture per il ripopolamento di Sepia officinalis***

Di seguito sono elencate alcune possibili soluzioni per il ripopolamento della seppia comune:

- **Seagrass nursery**



**Fig.4: Seagrass nursery,  
Grati (2016)**

Questa struttura (Fig.4) è realizzata in rete di ferro elettrosaldato e zincato a caldo (diametro 6 mm, maglia 150 x 150 mm, dimensione foglio 2000 x 3000 mm) sulla quale sono stati applicati 160 collettori per uova di seppia, rappresentati da segmenti di corda galleggiante (diametro 8 mm) lunghi 50 cm. Il risultato potrebbe essere relativamente aleatorio.

Sebbene quest'ultimo sistema presenti caratteristiche di modularità, proprietà che lo rende adattabile alle diverse esigenze, richiede comunque uno sforzo operativo per il suo impianto non trascurabile. Tale sistema, se mantenuto permanentemente in mare per tutto l'anno, potrebbe essere più soggetto a deterioramento, danneggiamento o smarrimento rispetto alle trap nursery e alle longline nursery, in quanto esposto alle avverse condizioni meteo-marine invernali (Grati, 2016).

- **Longline nursery**



**Fig.5: Longline nursery,  
Grati (2016)**

Sono strutture lineari per la raccolta delle uova di seppia costituite da una cima piombata (200 g/m) lunga 400 m sul quale sono stati fissati 250 collettori per uova (50 cm di cima galleggiante di diametro 8 mm con

galleggiante di 40 g) (Fig.5). Più vantaggiosi rispetto al seagrass nursery, non solo in termini di attrazione ed effettiva deposizione di uova di seppia, ma anche in termini di praticità di utilizzo. Il sistema che indubbiamente ha evidenziato il miglior rapporto costi-benefici è questo, capace di registrare degli ottimi risultati in termini di uova deposte per unità di volume dell'attrezzatura, praticità, stoccaggio e movimentazione. Il sistema, così com'è stato concepito, ha evidenziato dei vantaggi che lo rendono unico nel suo genere: il ridotto ingombro nello stoccaggio (inferiore al metro cubo), l'elevata capacità di consentire la deposizione e la schiusa di centinaia di migliaia di uova di seppia e la rapidità e semplicità di calo della strumentazione (pochi minuti), rappresentano i principali punti di forza di tale sistema. Inoltre, il coinvolgimento degli operatori dell'acquacoltura, in un contesto di incentivazione come ad esempio una ipotetica premialità, renderebbe tale sistema estremamente efficiente (Grati, 2016).

- **Trap nursery**



**Fig.6: Trap nursery,  
Grati (2016)**

Telaio in ferro zincato (dimensioni 80 x 50 x 30 cm) al quale sono applicati 10 m di cima avente funzione di collettore per uova di seppia (cima galleggiante diametro 8 mm) e disposta in modo pressoché equidistante e tale da intersecare i lati della struttura stessa (Fig.6). Più vantaggiosa rispetto alla seagrass nursery, non solo in termini di attrazione ed effettiva deposizione di uova di seppia, ma anche in termini di praticità di utilizzo. Strutture del tutto simili alle nasse come le trap nurseries risultano apprezzate in quanto ampiamente note e diffuse tra i pescatori artigianali e sportivi, e le modalità di impiego risultano già note ai possibili fruitori (Grati, 2016).

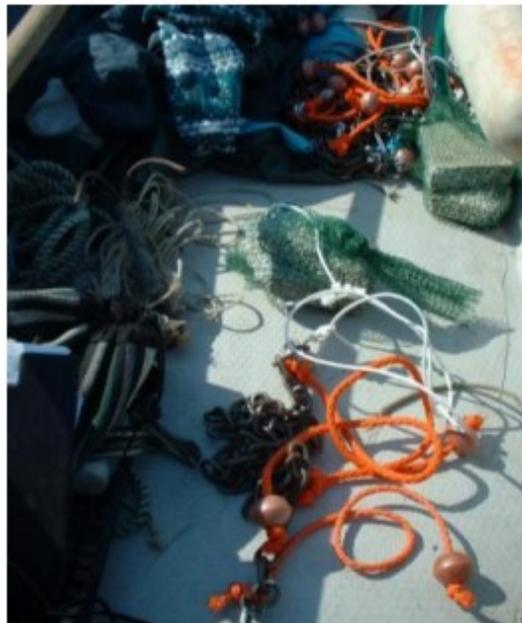
- **Corde all'interno delle nasse**



**Fig.7: Corde all'interno delle nasse,  
Coop. San Marco Burano – Agriteco s.c. (2015)**

Efficiente. 75% delle corde all'interno delle nasse (Fig.7) sono utilizzate per la deposizione (Coop. San Marco Burano – Agriteco s.c., 2015).

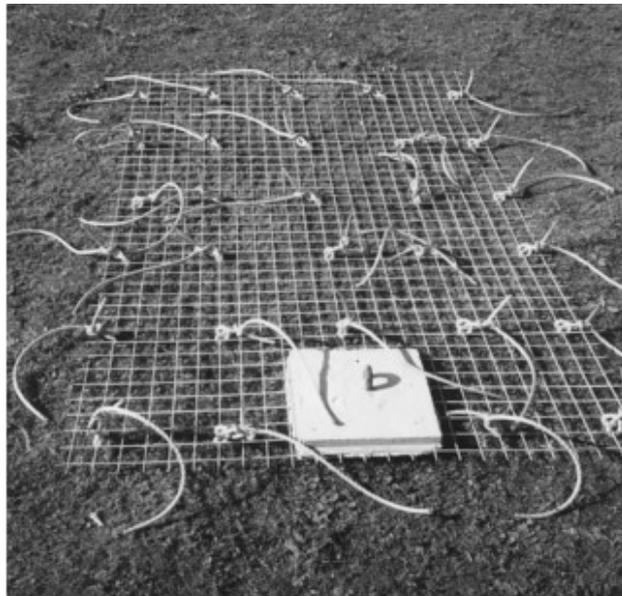
- **Collettore**



**Fig.8: Collettore,  
Coop. San Marco Burano – Agriteco s.c. (2015)**

Consiste in 40-50 metri di corda di diametro maggiore intervallata ogni 1,5 metri da corde più sottili tenute verticali tramite dei galleggianti (Fig.8). Efficiente. Il 75% delle corde sono state utilizzate per la deposizione, con un ulteriore appendice data dalla corda madre del collettore che è stata oggetto di ovo-deposizione seppur adagiata sul fondale marino (Coop. San Marco Burano – Agriteco s.c., 2015).

- **Lamiera di acciaio zincato con corde galleggianti**



**Fig.9: Lamiera di acciaio zincato con corde galleggianti,  
Blanc e Daguzan (1998)**

Lamiera di acciaio zincato con un blocco di cemento attaccato come ancoraggio (Fig.9). Ad intervalli regolari, 29 corde galleggianti sono legate al supporto. Le corde differiscono l'una dall'altra per diametro, altezza e colore. Le funi da 50 cm risultano essere le più adatte, infatti le

seppie vi depongono sempre le uova. Depongono anche su funi comprese tra 30 e 90 cm. Le femmine sono attratte da corde già riempite con le uova, utilizzando poi anche quelle rimanenti. Corde con una lunghezza di 90 cm sono molto promettenti perché possono supportare molte uova. Per utilizzarle però bisogna evitarne lo sprofondamento a causa dell'eccessivo peso. La fune del diametro di 8 mm sembra aver avuto più successo. Non ci sono evidenze che le seppie preferiscano un colore ad un altro (Blanc & Daguzan, 1998).

- **Tecniche ecosostenibili**

Negli ultimi anni si stanno studiando metodologie più ecosostenibili e in particolare ci sono alcuni progetti, come “Sepoline” (Carlotta Mazzoldi, 2021), che hanno cercato, con successo, di utilizzare rami di alloro sia all'interno che all'esterno delle nasse dei pescatori per la deposizione delle seppie. Si è notato come questo tipo di substrato sia particolarmente gradito da questi organismi.

## ***1.2 Strutture per l'allevamento di Chondrosia reniformis***

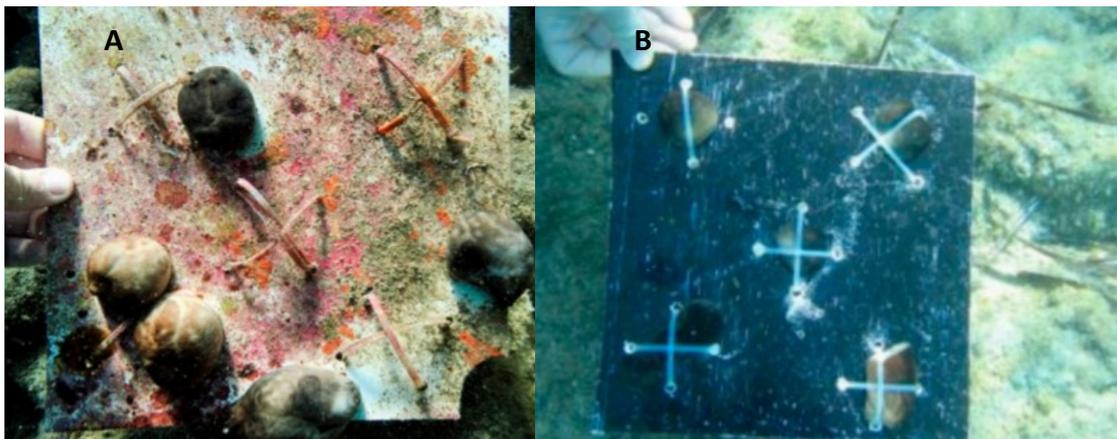
La maricoltura di spugne è una tecnica di allevamento dei Poriferi che sta prendendo sempre più campo in quanto è una valida soluzione per la produzione sostenibile di Poriferi di interesse commerciale e non (Pronzato et

al. 2012, Pronzato & Manconi 2008, Ledda et al. 2008, 2013, Murray et al. 2013, Manconi et al. 2005) (Gökalp et al., 2019).

Generalmente i poriferi da allevare vengono espianati da un sito e portati, tramite contenitori areati e refrigerati, nel sito di interesse. Spesso i campioni possono essere frammentati per ottenere più repliche (Padiglia et al., 2014).

Di seguito alcune delle tecniche utilizzate per la maricoltura di *Chondrosia reniformis*:

- **Cloruro di polivinile (PVC) bianco/nero/cementificato con fascette di plastica, rete metallica o supercolla di poliacrilato**



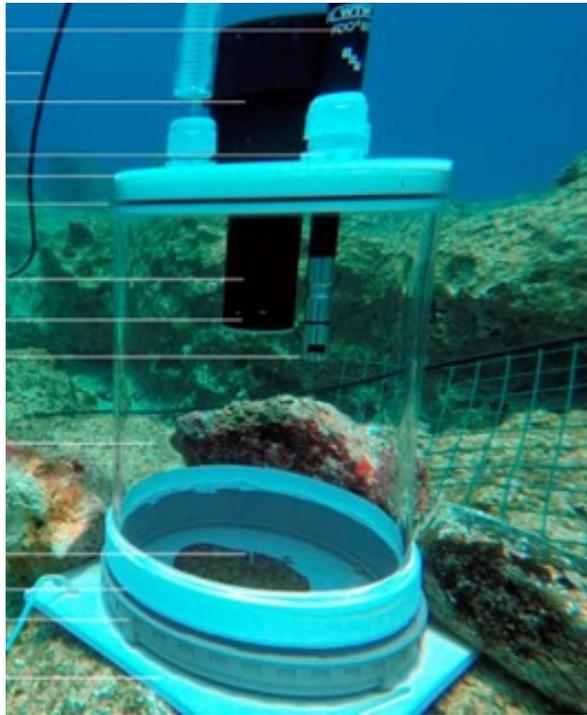
**Fig.10: Cloruro di polivinile (PVC) (A) bianco e (B) nero, Gökalp et al. (2019)**

Questo tipo di tecnica è stata utilizzata da Gökalp et al. Gli autori posizionato le piastre (50 cm x 50 cm) con un'angolazione di 90 gradi ad una profondità di 10 metri con temperature dell'acqua tra i 19 e i 26 gradi centigradi. Non è stata rilevata alcuna differenza di attacco al

substrato tra PVC bianco (Fig.10A) e nero (Fig.10B) da parte di *Chondrosia reniformis*. Per l'attacco dei Poriferi al substrato la supercolla di poliacrilato a base di gel è preferibile alla rete metallica per migliorare il tempo di manipolazione e ridurre il peso e il costo dei materiali di coltura; tuttavia, le fascette hanno dato una migliore percentuale di recupero rispetto alla supercolla (80% vs. 60%). Le fascette però, oltre ad aumentare il tempo di manipolazione, hanno anche innescato la dispersione delle repliche. Questo tipo di PVC utilizzato insieme alla rete metallica è risultato essere il metodo di maggior successo in termini di percentuale di recupero (tutte le spugne sono sopravvissute sulla piastra). Si è notato come la cementazione delle piastre possa migliorare l'adesione delle spugne al supporto e aumentare la crescita, poiché quarzo e silicio promuovono la formazione di collagene nelle spugne. Di conseguenza, la sabbia marina grossolana è stata utilizzata per produrre cemento per coprire i supporti in PVC. Con questo tipo di tecnica le fascette si sono rivelate di maggior successo in termini di percentuale di recupero (tutte le spugne sono sopravvissute sulla piastra). Nonostante questo, la combinazione PVC/rete metallica è preferibile al PVC cementificato con fascette a causa del minor costo del materiale, del minor peso della piastra e del minor tempo di

manipolazione. Inoltre, se si decide di usare una maglia metallica, bisogna stare attenti che essa non abbia una trama troppo piccola, perché dimensioni troppo ridotte (5 cm x 5 cm è consigliabile), dopo qualche tempo, possono provocare un intasamento dello spazio tra le maglie a causa di epibionti (Gökalp et al.,2019).

- **Lastra di cloruro di polivinile (PVC) grigio con un cilindro protettivo e rete metallica**



**Fig.11: Cloruro di polivinile (PVC) grigio con cilindro, Gökalp et al. (2020)**

Questa tecnica prevede il fissaggio delle repliche su lastre in PVC grigio (Fig.11) con raggio del bordo di 17 cm e un'altezza di 2,7 cm. Ogni lastra in PVC ha un cilindro protettivo in PVC di 15 cm di altezza ed è stata

coperta con una rete di rete metallica con maglia di 2 cm per eliminare la predazione (es. tartarughe marine ecc.). Il bordo protettivo impedisce alle spugne di fuggire dal piatto e di essere trasportate da forti correnti. Ogni lastra ha un chiodo cromato al centro con il bordo tagliente rivolto verso l'alto (4 cm in altezza) per fissare i campioni alla piastra (Gökalp et al., 2020).

### ***1.3 Obiettivo dello studio***

L'obiettivo di questo progetto è lo sviluppo di strutture artificiali in grado di favorire la deposizione delle uova e quindi il ripopolamento di *Sepia officinalis*, e di favorire l'allevamento di *Chondrosia reniformis*. Visto l'interesse commerciale e la conseguente pressione antropica su queste due specie, è sempre più necessario sviluppare metodologie sostenibili in grado di salvaguardare questi due importanti organismi e allo stesso tempo permettere lo sfruttamento, sempre in maniera sostenibile, da parte dell'uomo.

## Capitolo secondo

### MATERIALI E METODI

Questo progetto prevede due casi studio, quello di *Sepia officinalis* e quello di *Chondrosia reniformis*. Per ognuna di queste specie, dopo aver analizzato diversi substrati artificiali, sono state selezionate le strutture attraverso le quali mettere in pratica il progetto.

#### 2.1 Caso studio 1: *Sepia officinalis*

##### 2.1.1 Caratteristiche generali



Fig.12: (A) Maschio e (B) Femmina di *Sepia officinalis*,  
(A) Guarnieri (2020), (B) Pesca in Italia - Post | Facebook (2016)

La seppia comune (*Sepia officinalis* - Linnaeus, 1758) è una specie diffusa in tutto il Mediterraneo e nell'Atlantico orientale, dalla Scandinavia al Marocco. Questa specie è molto comune lungo le coste dell'Adriatico dove rappresenta una delle più importanti specie commerciali. Nel Mediterraneo troviamo altre due specie appartenenti al genere *Sepia*: *S. elegans* e *S. orbignyana*. Queste

hanno caratteristiche differenti rispetto alla seppia comune come, ad esempio, il numero di ventose sulle braccia. La seppia è un mollusco Cefalopode che presenta un corpo robusto, con un largo mantello ovale, appiattito dorso-ventralmente e più spesso nella parte ventrale. Lateralmente sul mantello sono presenti due pinne natatorie strette e lunghe circa quanto il mantello che non hanno funzione propulsiva, ma semplicemente stabilizzatrice del nuoto. Tramite l'espulsione dell'acqua presente nella cavità del mantello, attraverso un tubo stretto detto imbuto, viene fornita la spinta per il nuoto: questo tipo di movimento è definito nuoto a reazione (riempimento della cavità del mantello, contrazione dei muscoli del mantello e fuoriuscita dell'acqua dall'imbuto). L'imbuto può puntare in tutte le direzioni, consentendo una facilità di movimento a 360°. Dentro il mantello si trova una conchiglia calcarea, sottile, di forma ovale allungata con margini affilati, detta sepium (osso di seppia), che è strettamente aderente alla cute e molto leggera. Questa presenta molti setti addossati tra loro e contenenti delle camere gassose. La conchiglia funge da sostegno, ma è anche deputata alla galleggiabilità del mollusco. Nella parte ventrale del sepium si trovano le strie di accrescimento. La cavità palleale o cavità del mantello si trova sulla parte frontale dello stesso, contiene gli organi respiratori, il sistema digerente, quello circolatorio e gli organi riproduttori. Il sifone collega questa cavità con l'esterno ed ha un ruolo molto importante

perché regola anche il processo respiratorio. Nella parte superiore della cavità del mantello si trova la sacca del nero, esternamente bluastra, e contenente un liquido ricco di melanina, comunemente conosciuto come inchiostro, che la seppia espelle in situazione di pericolo per nascondersi dai suoi predatori. La *Sepia officinalis* è dotata di una colorazione del dorso molto variabile, dal bruno-grigio chiaro al bruno, con striature più marcate da nero-brunastre a giallastre. Durante il periodo riproduttivo, le femmine hanno una colorazione marrone-gialla abbastanza uniforme o con striature appena accennate, mentre i maschi sono molto più appariscenti, sfoggiando una livrea zebrata con strie nerastre alternate a bande più chiare. La superficie ventrale è, invece, in entrambi i casi bianca con sfumature iridescenti (Coop. San Marco Burano – Agriteco s.c., 2015).

Sul dorso delle seppie è possibile notare la presenza di particolari cellule circondate da un anello di fibre muscolari, dette cromatofori, che sono provviste di un pigmento: dopo la contrazione o il rilassamento dell'anello muscolare il pigmento si addensa o si diffonde nella cellula, consentendo all'animale di cambiare velocemente il colore per mimetizzarsi con il fondale oppure per trasmettere segnali (corteggiamento, riproduzione, per manifestare aggressività). Essendo animali predatori a vita pelagica hanno dovuto attuare modificazioni del mantello e del piede, con lo sviluppo di tentacoli adatti alla

cattura delle prede. Troviamo infatti 10 appendici: 8 braccia corte provviste di 4 serie di ventose sulla faccia interna e 2 tentacoli retrattili, all'interno di apposite tasche, con 5 serie longitudinali di ventose solo sulle estremità clavate, dette mazze tentacolari (Fischer et al., 1987). La bocca è situata al centro della corona di tentacoli, provvista di un robusto e potente becco corneo brunastro, in grado di perforare l'esoscheletro dei crostacei e spezzettare la carne delle prede. La seppia presenta una testa grossa e globosa con due occhi grandi e trasparenti dotati di una membrana cornea trasparente e di una pupilla a forma di W. Questi per la loro complessità ed efficienza sono stati accomunati a quelli dei più evoluti vertebrati (Hartline & Lange, 1984). Pur trascorrendo molto tempo sul fondale, seppellendosi o mimetizzandosi nella sabbia o nel fango, sono delle eccellenti nuotatrici, capaci di muoversi su grandi distanze come dimostrato dalle loro migrazioni stagionali fra le acque profonde e quelle basse della costa. Questi organismi marini riescono a muoversi agevolmente grazie all'imbuto e a compiere precise manovre utilizzando la pinna dislocata lungo i fianchi. La seppia è una specie demersale neritica, che vive soprattutto su fondi sabbiosi, fangosi o coperti da alghe e fanerogame; sopporta una vasta gamma di temperature (tra 10 e 25°C), dato dimostrato dalla sua ampia distribuzione a livello di latitudine. Molto importante è la sua capacità di sopportare valori di salinità compresi tra 18 e 40‰. La sua distribuzione verticale è notevolmente

più limitata: molto presente nella fascia costiera fino a 50 m di profondità, anche se può estendersi fino a 200 m di profondità (Guerra, 1992). *S. officinalis* conduce una vita piuttosto sedentaria di giorno, mentre diventa molto attiva nelle ore notturne, essendo un eccezionale predatore dei più alti livelli trofici. Si ciba principalmente di crostacei (gamberetti, granchi, ecc.), piccoli pesci e altre seppie. Il fenomeno del cannibalismo risulta essere abbastanza frequente ed è una strategia di sopravvivenza che la seppia adotta in carenza di altre prede (Roper et al., 1984). Il principale senso sfruttato durante la predazione è la vista, particolarmente sviluppata: è il movimento della preda che sembra attirare l'attenzione della seppia. In condizioni di scarsa visibilità, per captare le vibrazioni ed i movimenti delle prede, viene usato un sistema simile a quello della linea laterale presente nei pesci. Le seppie prediligono nutrirsi all'alba e al tramonto. La loro dieta sembra cambiare con la taglia: con la crescita diminuiscono i crostacei ed aumentano pesci e prede di maggiori dimensioni (Castro & Guerra, 1990). L'alimentazione sembra essere collegata anche alla stagione ed al ciclo biologico, diventando molto più intensa nel periodo di accrescimento e maturazione delle gonadi e rallentando nel periodo di deposizione (Najai & Ktari, 1979). Le prede preferite di *S. officinalis* sono i decapodi palemonidi, quali *Palaemonetes antennarius*, *Palaemon adspersus* e *Palaemon serratus*, seguiti da isopodi sferomatidi, quali *Sphaeroma serratum*

e *Crangon crangon* ed il brachiuro *Carcinus aestuarii* (Sequi, 1980). Tra i pesci troviamo soprattutto *Sygnatus abaster*, *Aphanius fasciatus*, *Atherina boyeri* e *Pomatoschistus* sp. (Scalera Liaci & Piscitelli, 1982). Quando una preda è estremamente grande ciò che non viene mangiato viene abbandonato e resta inutilizzato durante i primi 10-12 giorni di vita della seppia. Successivamente le seppioline riconoscono anche solo alcune parti delle loro prede abituali e mangiano anche i residui di altri pasti (Coop. San Marco Burano – Agriteco s.c., 2015).

*S. officinalis* ha una vita media di 1-2 anni, si riproduce una sola volta in tutta la vita (specie semelpara) e presenta sessi separati. I due sessi presentano accentuato dimorfismo: nei maschi maturi il braccio ventrale sinistro è modificato (braccio ectocotile) ed assolve alla funzione di organo copulatore. L'ectocotile presenta centralmente una sorta di canale (a causa del ridotto numero di ventose) utilizzato per trasportare le spermatofores (tubuli elastici con all'interno gli spermatozoi: ogni maschio ne produce circa 1.400) all'interno della cavità palleale delle femmine, dove si trova l'ovario, per l'atto di fecondazione delle uova. La riproduzione avviene lungo tutto l'arco dell'anno, con un picco in primavera, momento in cui gli esemplari maturi lasciano le acque profonde e si avvicinano ai fondali sabbiosi e fangosi costieri per la riproduzione. Inizialmente arrivano gli esemplari di maggiori dimensioni, poi anche gli

individui più giovani (Ghirardelli, 1947b). La distribuzione di taglia delle catture effettuate nel periodo estivo-primaverile testimonia questo fatto, sottolineando la presenza di una taglia media degli esemplari di *S. officinalis* più elevata a marzo e decrescente nei mesi successivi (Coop. San Marco Burano – Agriteco s.c., 2015).

La specie mostra un comportamento molto tipico di accoppiamento, corteggiamento e interazione agonistica maschio-maschio (Boletzky 1983, Hanlon e Messenger 1996), con le femmine che maturano dopo rispetto ai maschi (Sykes et al., 2014).

L'atto riproduttivo è preceduto da un rituale di corteggiamento: il maschio (Fig.12A) inizialmente assume una posizione caratteristica che, oltre ad indicare l'inizio del corteggiamento, è anche intimidatoria nei confronti di eventuali rivali presenti in zona. Esso nuota verso un'altra seppia, si ferma in prossimità di essa ed estende uno dei suoi bracci ventrali, segnalando così il suo desiderio di iniziare l'accoppiamento. Se la seppia avvicinata è una femmina (Fig.12B) e se quest'ultima manifesta in qualche modo la sua disponibilità non fuggendo via, il maschio prende posizione sopra di essa e la segue ovunque. In un secondo momento il maschio afferra la femmina lateralmente e la muove fino a raggiungere la posizione che permette l'incontro

delle teste, grazie all'intreccio dei tentacoli di entrambi gli animali (Coop. San Marco Burano – Agriteco s.c., 2015).



**Fig.13: Abbraccio riproduttivo tra maschio e femmina di *S. officinalis*, Sykes et al. (2014)**

Durante quest'abbraccio riproduttivo (Fig.13) il maschio, attraverso l'ectocotile, aggancia le spermatofores (da 150 a 300) e le trasferisce all'interno di una cavità situata sotto la bocca della femmina, dove sono trattenute per la successiva fecondazione delle uova (Coop. San Marco Burano – Agriteco s.c., 2015).

Le spermatofores possono rimanere qui fino a 2-5 mesi (Hanlon et al. 1999). Ciò è probabilmente dovuto alla biologia della specie, a causa della maturazione precoce dei maschi (Forsythe et al. 1994). Il maschio, prima di inserire il suo sperma in questa cavità, getta all'interno grandi quantità di acqua di mare, con

il fine di estrarre lo sperma dei maschi precedenti in modo da assicurarsi che solo la sua genetica venga tramandata (Hanlon et al. 1999) (Sykes et al., 2014). L'accoppiamento dura in media circa dieci minuti, dopodiché la femmina si stacca dal partner aiutandosi, se necessario, attraverso l'emissione d'inchiostro. Nei primi minuti dopo l'accoppiamento, il maschio rimane vicino alla femmina per proteggerla durante questa delicatissima fase. Una volta fecondate le uova, queste vengono deposte e rilasciate lungo un arco temporale di diverse settimane, tramite più atti di deposizione (Boletzky, 1988). Una singola seppia depone dalle 150 alle 550 uova, preferibilmente durante il giorno, alternando la deposizione a periodi di riposo. Una femmina di *S. officinalis*, dopo molti accoppiamenti, può deporre fino a 3.000 uova nell'arco di sette mesi (Laptikhovsky et al., 2003) (Coop. San Marco Burano – Agriteco s.c., 2015). In natura, generalmente, le femmine di seppia depongono le uova in luoghi con discreto idrodinamismo, attaccate a flora e fauna selvatica o a strutture antropiche (Boletzky 1983). Ingenti ammassi di uova si trovano comunemente su alghe, rocce, fanerogame, policheti, boe, reti da pesca, trappole, corde per barche, pezzi di ferro (Sykes et al., 2014). Le uova, del diametro di 7-9 mm, vengono fissate in grappoli neri o bruno scuro a qualsiasi di questi substrati. L'incubazione varia in base alla temperatura (30-90 giorni), dopodiché le giovani seppie, che misurano circa 6-10 mm misurate

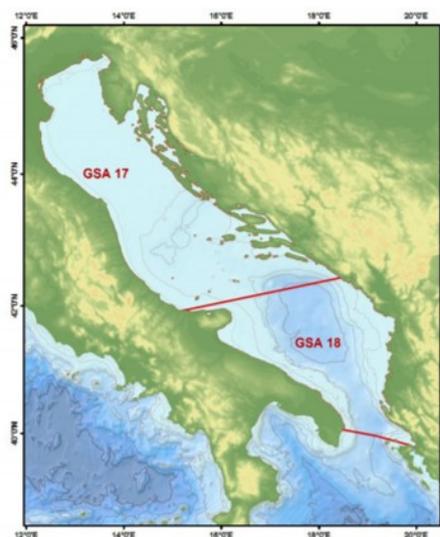
al mantello (LM), escono. Esse hanno sviluppo diretto ed assumono subito lo stile di vita bentonico, divenendo immediatamente attivi predatori. La schiusa delle uova è influenzata soprattutto dal grado di salinità dell'acqua: sotto i 28‰ la salinità inibisce la schiusa delle uova. La prima alimentazione si basa sulla cattura di piccoli crostacei. Questa fase del ciclo vitale è totalmente dedicata alla crescita che è molto rapida. In buone condizioni le seppie maturano durante il primo inverno della loro vita. Il tasso di crescita è correlato alla temperatura in maniera inversamente proporzionale. La fase subadulta, che segue quella giovanile, è consacrata alla maturazione sessuale. La fase adulta è volta alla riproduzione. Le seppie raggiungono le dimensioni di 20-30 cm di lunghezza del mantello (LM) all'età adulta di 18-22 mesi, ed un peso di circa 1-2 kg. Bisogna anche aggiungere che c'è una differenza stagionale nella crescita dovuta sia alle diverse temperature sia allo stato fisiologico degli individui. Il dimorfismo sessuale diviene evidente a partire dalla taglia (LM) di 6 cm e la maturazione sessuale è raggiunta generalmente alla taglia (LM) di 10 cm, nel corso del loro primo anno di vita (Manfrin-Piccinetti et al. 1984, Piccinetti et al. 2012). Nel maschio la maturazione è più precoce di quella della femmina. Questa fase di maturità sessuale nelle seppie è regolata da processi ormonali influenzati da fattori ambientali. In particolare, la temperatura influenza in modo proporzionale la crescita somatica dell'animale e anche quella delle

gonadi, mentre la luce rallenta la maturazione delle gonadi (che si verifica per lo più in inverno) e, contemporaneamente, stimola l'accoppiamento e la deposizione delle uova negli individui già maturi. Condizioni di alta temperatura e bassa intensità luminosa hanno come risultato un alto tasso di crescita e di maturazione gonadica. Nella realtà la temperatura e la luce agiscono inevitabilmente in un modo antagonistico. In inverno ed in acque profonde la crescita è lenta a causa delle basse temperature, mentre è favorita la maturazione delle gonadi; in estate e in acque basse, la crescita è accelerata grazie alle alte temperature, mentre la maturazione è rallentata per l'alta intensità di luce e il lungo fotoperiodo. Riguardo al periodo riproduttivo nel corso dell'anno le femmine evidenziano due picchi, i maschi invece hanno valori di indice gonado-somatico omogenei per l'intero ciclo di vita. Per questo motivo si può parlare dell'esistenza di due cicli biologici. Gli animali nati in primavera possono riprodursi alla fine del periodo di deposizione dell'anno seguente (età di circa 15 mesi) mentre quelli schiusi tardivamente che non moriranno nel corso di quell'anno, saranno i primi a riprodursi all'inizio della primavera successiva (all'età di 18-20 mesi) (Mangold, 1966). La taglia massima che *S. officinalis* raggiunge è di 45 cm (LM) e 4 kg, come dimostrato dagli esemplari ritrovati lungo le coste Atlantiche (Roper et al., 1984). Generalmente è facile trovare individui con taglia da 15 a 25 cm (Fischer et al.,

1987). La longevità è normalmente compresa tra 18 e 24 mesi, anche se alcuni maschi possono raggiungere un'età maggiore (Boletzky, 1983). I maschi inoltre raggiungono taglie più grandi e crescono più velocemente delle femmine, arrivando così in età adulta più numerosi, probabilmente perché dopo la riproduzione si verifica un'elevata mortalità femminile (Coop. San Marco Burano – Agriteco s.c., 2015).

Nella specie non sono mai state osservate cure parentali per le uova e le femmine più longeve spesso muoiono dopo la deposizione. La femmina di *S. officinalis* incorpora le sue riserve nelle uova. Non tutte le femmine o i maschi muoiono subito dopo l'accoppiamento e la deposizione delle uova, questo infatti dovrà essere oggetto di studi futuri (Sykes et al., 2014).

### ***2.1.2 Area di studio***



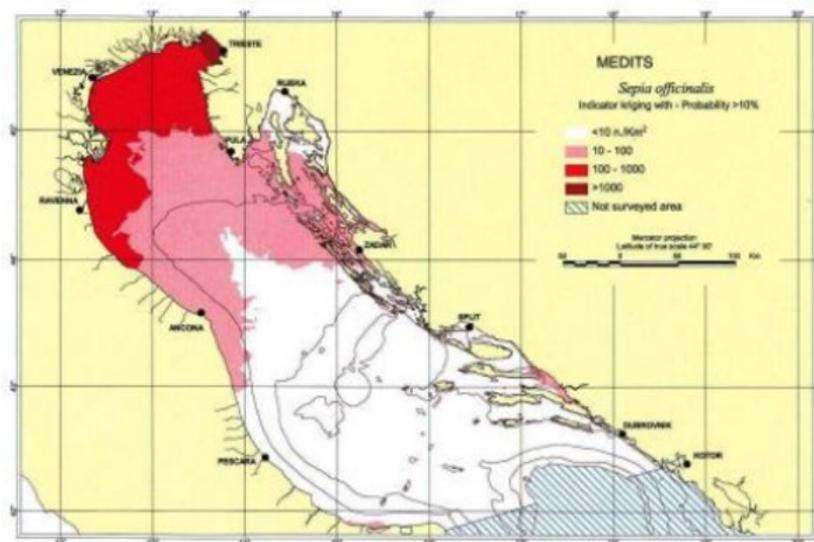
**Fig.14: Mappa Mare Adriatico,  
UNEP-MAP-RAC/SPA (2015)**

L'area di studio è la GSA 17, che si estende per 92.660 km<sup>2</sup>, comprende l'Alto e Medio Adriatico, dal Golfo di Trieste fino alla congiungente Gargano - confine tra Croazia e Montenegro e rientra nella divisione statistica FAO 37.2.1 (Adriatico) (Fig.14). L'area totale interessa le coste delle regioni Friuli-Venezia Giulia, Veneto, Emilia-Romagna, Marche, Abruzzo e Molise. Grandi differenze morfologiche si evidenziano fra il versante italiano e quello orientale. La costa orientale è alta, rocciosa e articolata, con molte isole, piccole e grandi, che delimitano canali, ampie aree marine interne e baie. La costa occidentale è prevalentemente bassa, piatta e sabbiosa, ad eccezione del Monte Conero e del promontorio del Gargano. Vi è la presenza di ampie lagune nella parte Nord, nell'area del delta del Po e a Nord del promontorio del Gargano. L'Alto e Medio Adriatico è caratterizzato da un'ampia piattaforma continentale che si estende per gran parte dell'area. La parte settentrionale ha basse profondità che aumentano gradatamente, procedendo verso sud, fino a un massimo di 70 metri. L'Adriatico centrale raggiunge la massima profondità nella fossa di Pomo (273 m); questa è la sola area del bacino con profondità maggiori di 200 metri, insieme al confine meridionale della GSA 17 con la GSA 18, dove le profondità aumentano per l'inizio della scarpata della depressione Sud-adriatica. La temperatura delle acque superficiali del bacino Adriatico mostra un chiaro ciclo stagionale, con escursioni termiche legate allo

scambio con l'atmosfera che superano i 10 °C (Artegiani et al., 1997b). La salinità del bacino Adriatico è abbastanza elevata, con un valore medio di 38,3 psu (Vrigoč et al., 2004). In linea generale la salinità dell'Adriatico diminuisce da sud verso nord e dal mare aperto verso la costa. Il bilancio salino degli strati superficiali è chiaramente influenzato dagli apporti fluviali, numerosi nella parte nord e occidentale dell'Adriatico e limitato a pochi fiumi nella parte orientale. L'elevato apporto di nutrienti tramite le acque fluviali determina un'elevata produzione primaria che si riflette nella catena alimentare, portando a un'alta produttività ittica e rendendo l'Adriatico una delle aree più produttive del Mediterraneo ai fini della pesca. La circolazione generale è di tipo ciclonico con le masse d'acqua formatesi nel Mediterraneo orientale che entrano attraverso il canale d'Otranto e scorrono lungo la costa orientale verso nord. La maggior parte del fondale è ricoperto da sedimenti recenti di diversa composizione minerale e granulometrica, il cui trasporto è legato alle correnti marine che ne favoriscono una dispersione longitudinale. Procedendo dalla costa italiana verso il largo vi è una stretta striscia di sabbie litorale fino alla profondità di 5-7 metri, seguita da un'ampia fascia di sabbia mista a fango e poi solo fango, fino a 30-40 km dalla costa, che dal Po si protende verso sud, fino a collegarsi con i depositi profondi della zona meridionale. La situazione è quindi diversa tra i fondali a Sud di Pescara, ricoperti da materiale fine con

sabbie, e la zona più a Nord. Nella parte settentrionale, più a largo, dopo una zona di sedimenti misti (sabbie fangose e fanghi sabbiosi) si trovano di nuovo le sabbie, interpretate come depositi “relitti” (Cataudella & Spagnolo, 2011).

*Sepia officinalis*, in quest’area ha la seguente distribuzione:



**Fig.15: Distribuzione di *Sepia officinalis* nel Mare Adriatico, Laboratorio di Biologia marina e pesca di Fano – Università di Bologna (2014)**

Come illustrato nella precedente figura (Fig.15), si può notare una maggiore presenza nella sezione più settentrionale dell’area che tende a diminuire verso sud.

In questo progetto le strutture create sono state posizionate a largo della località del Passetto (Ancona) (Fig.16) e a largo della località di Grottammare (Ascoli Piceno) (Fig.17).



Fig.16: Posizione dei cubi al Passetto (Ancona)

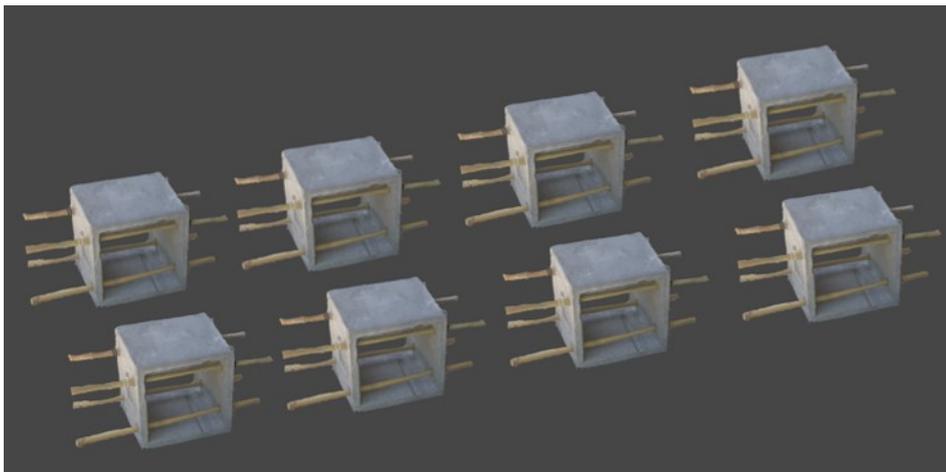


Fig.17: Posizione dei cubi a Grottammare (Ascoli Piceno)

### ***2.1.3 Metodologie applicate***

Le strutture progettate consistono in cubi di cemento delle dimensioni di 33 cm (lunghezza) X 38 cm (larghezza) X 38 cm (altezza). Questi cubi sono vuoti

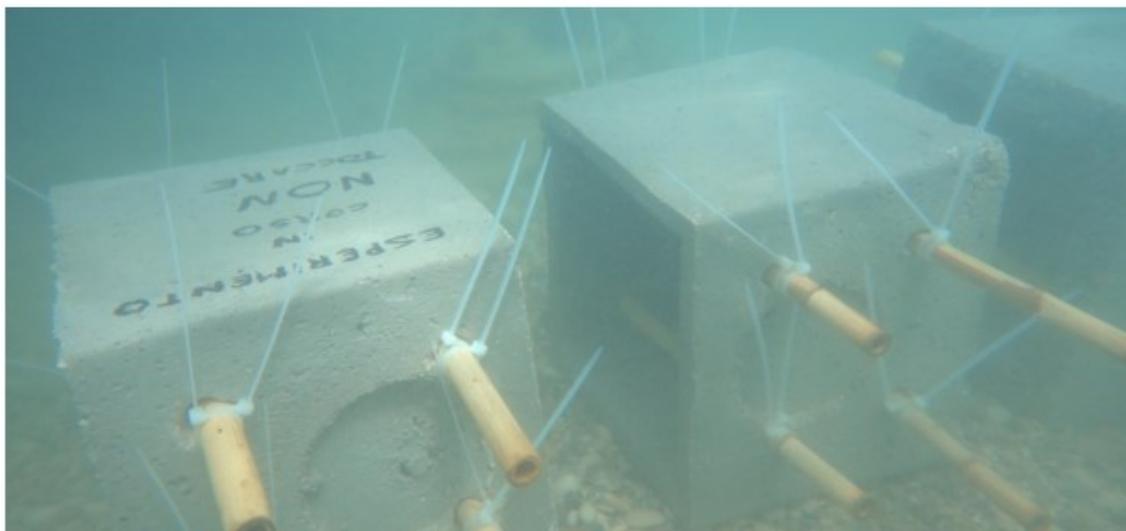
internamente e hanno un'apertura su due lati delle dimensioni di 26 cm X 26 cm. Sono stati applicati dei fori con un trapano sui due lati senza apertura (4 fori per lato) nei quali sono state inserite delle canne di bambù (4 per cubo). Queste canne di bambù servono a facilitare le manovre di immersione dei cubi e per fissare le fascette di plastica (bianche e nere), solitamente dalle 8 alle 16 per cubo, substrato utile alla deposizione delle uova di *Sepia officinalis*. Le canne di bambù sono state tagliate con lo scopo di raggiungere una dimensione di 67 cm circa tramite un seghetto manuale.



**Fig.18: Progettazione cubi in cemento,  
Pulido (2021)**

Una volta definite le strutture (Fig.18) si è passati poi all'immersione delle suddette tramite operatori subacquei. I cubi (8 in totale), per quello che riguarda il sito del Passetto, sono stati caricati e trasportati sulla barca a motore dell'Università Politecnica delle Marche fino al sito di immersione (profondità

di circa 8 m) il giorno 16/04/2021. Il controllo delle strutture è stato effettuato con una cadenza bisettimanale e l'ultimo controllo risale al 26/07/2021. Per quello che riguarda il sito di Grottammare i cubi (4 totali) sono stati trasportati manualmente dalla riva fino al punto di immersione (profondità di circa 5 m) dagli operatori subacquei il giorno 07/05/2021 (Fig.19). Il controllo delle strutture, come per il sito del Passetto, è stato effettuato con una cadenza bisettimanale e l'ultimo controllo risale al 26/07/2021. Durante il controllo gli operatori subacquei hanno scattato foto e fatto video tramite una fotocamera compatta Sony rx 100 V con custodia subacquea originale Sony e una lente piatta. La workstation sulla quale sono state analizzate le foto e i video è dotata di processore AMD Ryzen 7 3700 X 8-Core Processor.



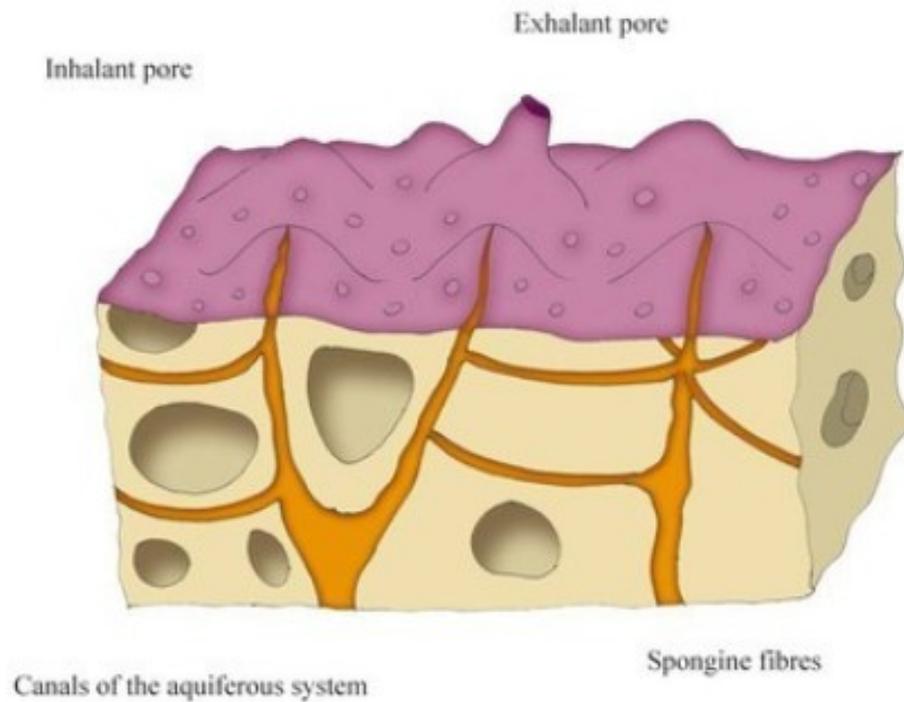
**Fig.19: Cubi in cemento immersi a Grottammare**

## ***2.2 Caso studio 2: Chondrosia reniformis***

### ***2.2.1 Caratteristiche generali***

I poriferi, comunemente chiamati spugne, sono organismi pluricellulari piuttosto semplici. Questi animali vivono in diversi ambienti di acqua dolce e marina e negli ultimi anni l'interesse per la biologia delle spugne è improvvisamente aumentata a causa della scoperta di numerose molecole con interessanti effetti farmacologici applicati (Faulkner 2000, Laport et al. 2009) (Fassini, 2014).

Questi organismi sono animali di forma irregolare e il loro colore è dovuto alla presenza di pigmenti o simbionti. La superficie è caratterizzata da pori, mentre all'interno si trova una fitta rete di canali che vanno a formare il sistema acquifero (Di Camillo, 2009) (Fig.20).



**Fig.20: Sistema acquifero di una spugna,  
Di Camillo (2009)**

I poriferi prendono l'acqua di mare attraverso i pori inalanti; questa attraversa i canali e percorre il sistema acquifero fino ai pori esalanti attraverso i quali esce. Il movimento dell'acqua è favorito dal battito dei flagelli dei coanociti, cellule speciali alla base di questo meccanismo d'azione. Durante il percorso dell'acqua di mare, la spugna trattiene l'ossigeno e le sostanze nutritive attraverso un meccanismo di alimentazione definito filtrazione attiva, che attua grazie alla corona di microvilli che circonda il flagello. La struttura delle spugne è variabile: possono presentare uno "scheletro" flessibile formato da fibre di collagene (spongina) o da un'impalcatura di strutture aghiformi, dette

spicole. Alcune specie presentano entrambe, mentre altre sono formate solo da spongina (spugne cornee). Le spugne cornee comprendono anche le spugne da bagno, note per la particolare morbidezza ed elasticità (Di Camillo, 2009).



**Fig.21: *Chondrosia reniformis*,**

**<http://www.marinespecies.org/photogallery.php?album=714&pic=18309> (2005)**

*Chondrosia reniformis* (Fig.21) è un comune Demospongiae mediterranea (Lazoski et al., 2001) che vive principalmente su scogliere o grotte rocciose ombreggiate ad un intervallo di profondità di 1-50 m (Bavestrello et al., 1998a) (Fassini, 2014).

La forma di questo animale filtratore è a cuscino o ellisoidale con una larghezza di circa 10 cm, un'altezza di 4 cm e una lunghezza di 15 cm. Spesso gli esemplari più grandi sono composti da più spugne unite tra loro: in tal caso la spugna appare molto più appiattita (Zanetti, 2002). La colorazione della spugna

dipende dalla condizione legata alla luce che determina la presenza di pigmenti melanici. Le spugne che colonizzano coste illuminate sono generalmente marroni, mentre gli esemplari che vivono in grotte con poca luce sono completamente bianchi (Pansini & Pronzato 1982, Corriero et al. 2000) a causa della mancanza di endosimbionti e pigmenti fotosintetici. A differenza di tanti altri poriferi, questa specie manca sia di spicole endogene che di fibre di spongina di rinforzo (Garrone et al. 1975, Bavestrello et al. 1998a). *Chondrosia reniformis* può però incorporare attivamente materiale esogeno siliceo e calcareo e distribuirlo nel mesoilo secondo una specifica polarità (Bavestrello et al., 1995, 1998a). Il nome di questo organismo deriva dal fatto che il suo mesoilo ha una consistenza cartilaginea e che la sua forma è simile a un rene di vertebrato. Ha una notevole plasticità tissutale e possibilità intrinseca di modulare le sue proprietà meccaniche sotto controllo cellulare (Wilkie et al., 2006). Le spugne, infatti, hanno la capacità di modulare la tensione mesoilica in funzione di eventi specifici: il corpo di una spugna può acquisire una consistenza molto morbida e plastica con conseguente allungamento e assottigliamento quando una parte del substrato si stacca (fenomeni di creeping); l'organismo può anche diventare rigido quando ripetutamente toccato (fenomeni di irrigidimento) (Wilkie et al. 2006, Parma et al. 2007). *C. reniformis* è costituita da una strutturata rete tridimensionale di canali. Il corpo

spugnoso è coperto da un epitelio esterno composto da un unico strato poligonale appiattito di cellule (esopinacociti). Si trova poi un monostrato di endopinacociti che riveste i canali interni. Questi canali, lungo il loro percorso irregolare, raggiungono le camere dei coanociti che sono appunto rivestite da questo tipo di cellule. Questa sofisticata e fragile rete di camere e canali è protetta e mantenuta in posizione dallo stroma organico circostante del mesoilo collagenoso. Il mesoilo costituisce la maggioranza del corpo della spugna ed è un denso strato fibroso compatto costituito da una massiccia matrice extracellulare dominata da fasci di collagene fibrillare e non fibrillare (Pozzolini et al., 2012) in cui si riscontra una popolazione eterogenea di cellule sparse (Garrone 1978, Harrison & De Vos, 1991). La spugna presenta due diverse regioni: un midollo interno (coanosoma) dove le fibrille di collagene sono organizzate in disposizioni più lasse, una parte esterna (ectosoma) caratterizzata dalla presenza di fibre di collagene dense e ben organizzate. L'ectosoma ha uno spessore di 3-4 mm ed ha una colorazione tipicamente marrone/grigio. Questo strato corticale, poco irrorato dai canali (Bonasoro et al., 2001), è responsabile della protezione del corpo interno, della selettività dei materiali minerali da inglobare e del fissaggio ai substrati (Bavestrello et al., 1998a). Il coanosoma invece costituisce la maggior parte del mesoilo. Questa regione è di colore giallo chiaro ed è caratterizzata dalla presenza di un gran

numero di camere coanocitarie e di ampi canali esalanti (Bavestrello et al. 1998b, Bonasoro et al. 2001). Questo rende tale regione meno omogenea dell'ectosoma in termini di struttura tissutale. Nella regione del coanosoma il collagene fibrillare (Bonasoro et al., 2001) è meno abbondante rispetto a quello presente nell'ectosoma (Pozzolini et al., 2012). Il collagene fibrillare è ben strutturato intorno ai canali esalanti dove si forma una guaina di tessuto collagenoso, chiamata cintura dei canali, evidente sulla parte distale del canale esalante che fuoriesce nell'osculo (Pavans de Ceccatty, 1979). In *C. reniformis* sono principalmente presenti, come in tutti i metazoi, due tipi di collagene, come prima accennato: il collagene fibrillare e quello non fibrillare. Il collagene che forma le fibrille è organizzato in fibre disposte in fasci di fibrille di collagene del diametro costante di 20 nm. Le fibrille possono raggiungere diversi micron di lunghezza e il rapporto tra lunghezza e spessore arriva a valori elevati (5000:1). Il gene del collagene non fibrillare (che appartiene al collagene a catena corta) COLch è ampiamente espresso durante il processo di guarigione di una ferita ed è anche responsabile dell'attaccamento della spugna ai substrati. La sua espressione, tra le altre cose, è anche regolata in maniera positiva dalla quantità di silicio disciolto. Questo collagene può anche avere un ruolo negli eventi di irrigidimento (Pozzolini et al., 2012) (Fassini, 2014).

La crescita più lenta rispetto ad altre spugne è dovuta al suo maggiore dispendio di energia e materiali in questa fase. Questo garantisce una maggiore resistenza a danni provocati da disturbi fisici, biologici e aumenta la difesa contro l'invasione di altre specie (Garraboua & Zabala, 2000). Altra caratteristica importante è che *C. reniformis* è in grado di incorporare materiali estranei, selezionando granelli di sabbia di quarzo cristallino e spicole silicee amorfe (Bavestrello et al., 1998a, b). La produzione di collagene in *C. reniformis* può essere potenziata dalla dissoluzione del quarzo (Bavestrello et al. 2003, Cerrano et al. 2007). Questo porta a pensare che la crescita della spugna può migliorare durante l'incorporazione di grandi quantità di sedimento (Di Camillo et al., 2011).

Il ciclo vitale comprende quattro fasi principali: reclutamento, crescita, fusione, frammentazione e mortalità degli individui (Teixido' et al., 2009). *C. reniformis* è molto presente durante tutto l'arco dell'anno. Non ci sono significative variazioni della sua presenza durante le varie stagioni.

*Chondrosia reniformis* è ermafrodita. La riproduzione può essere influenzata dalla temperatura e dalla presenza di cibo (Di Camillo et al., 2011). Lo zigote si sviluppa in larva parenchimella (a nuoto libero) prima di stabilirsi su un substrato (diventa sessile) sul quale accresce in una giovane spugna. La riproduzione può avvenire per via sessuata (espulsione di gameti), con

produzione di larve appunto (da un'unica larva si originerà una nuova spugna), ma anche per via asessuata (creeping).

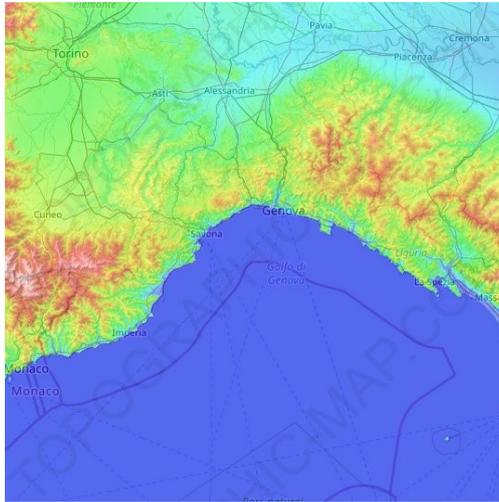
La deposizione delle uova è stata osservata a luglio e, avendo le larve una bassa dispersione (Maldonado, 2006), la spiegazione è che queste si depositino in estate. Tuttavia, è probabile che le spugne appena reclutate non siano abbastanza grandi da essere rilevabili prima dell'autunno. L'insediamento di propaguli generati asessualmente in estate e la frammentazione di grandi individui potrebbero verificarsi in autunno, contribuendo ad un aumento del numero di individui in questo periodo. In questa specie il fenomeno di "creeping" (allungamento poi distacco di propaguli) da inizio alla fase di frammentazione degli individui. Questo tipo di fenomeno avviene dalla primavera all'inizio dell'estate (Parma et al., 2007). La velocità di allungamento ha una correlazione positiva con la temperatura, e nei grandi individui la formazione di propaguli è molto più evidente rispetto ai piccoli individui poiché i grandi individui possono allungarsi da più punti. Il "creeping" è una possibile risposta alla gravità (Parma et al., 2007) e anche grazie al peso degli epibionti attaccati ai propaguli viene promosso l'allungamento del collagene e il distacco dei pezzi di spugna. La maggior parte delle Demospongiae del Mediterraneo sono longeve e non mostrano cicli stagionali (Di Camillo et al., 2011).



**Fig.22: Riproduzione asessuata di *Chondrosia reniformis*,  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Chondrosia\\_reniformis02.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Chondrosia_reniformis02.jpg) (2003)**

La riproduzione asessuata (Fig.22) è un evento molto particolare in *Chondrosia reniformis*: l'organismo si allunga andando a creare dei filamenti che possono raggiungere anche la lunghezza di oltre un metro. A questo punto la spugna si divide in pezzi (propaguli), andando a formare un altro organismo su un nuovo substrato.

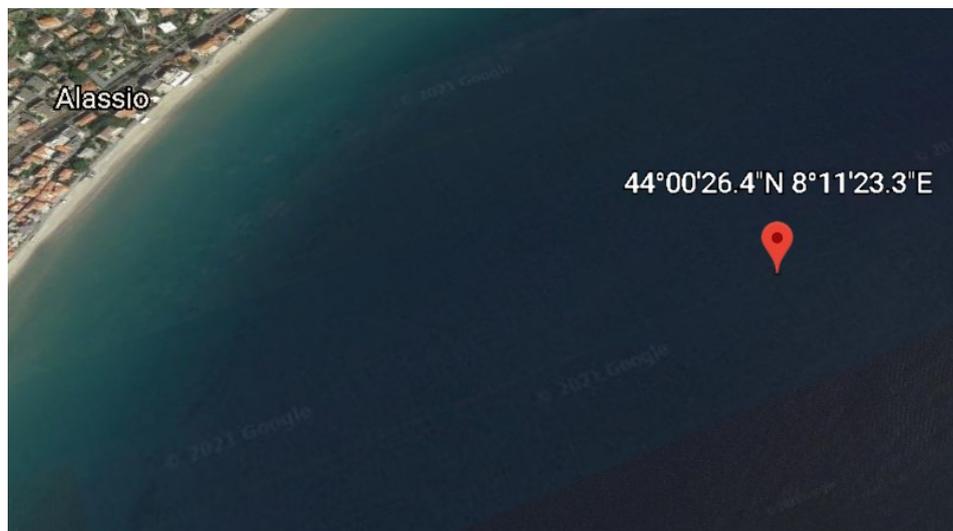
### 2.2.2 Area di studio



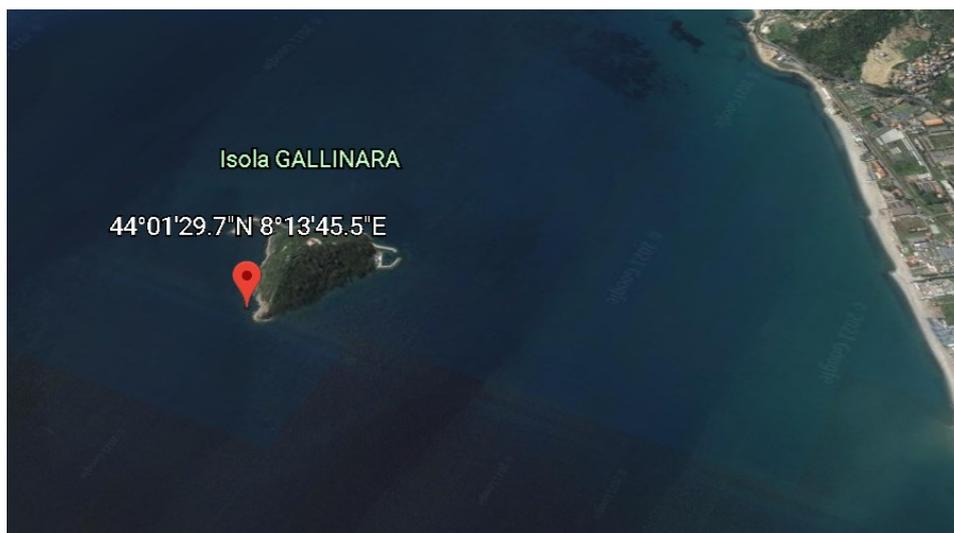
**Fig.23: Mar Ligure,**  
<https://it-ch.topographic-map.com/maps/f6w6/Liguria/>

Il Mar Ligure (Fig.23) è caratterizzato dall'afflusso di acqua più calda proveniente dal Tirreno che si va a mescolare con acqua fredda di origine atlantica. A causa di questo evento le temperature rimangono costanti intorno ai 24-25 °C nel periodo estivo e intorno ai 12-13 °C nel periodo invernale. Si contraddistingue anche per una salinità elevata (raggiunge punte superiori a 37 per mille). Le correnti sono direzionate da Levante a Ponente e la marea è quasi del tutto insignificante (inferiore ai 30 cm). Questo bacino è piuttosto profondo con fondali di diverso tipo: fondali sabbiosi e ciottolosi, fondali rocciosi e fondali fangosi e detritici. I fondali sabbiosi e ciottolosi sono caratterizzati da pendenze lievi, popolati da una grande ricchezza di organismi vegetali e animali. I fondali rocciosi sono l'habitat ideale per numerose specie di alghe, soprattutto nella stagione estiva. Fanno parte di questo habitat le zone a

scogliera emerse, la zona litorale rocciosa, le scogliere sommerse e il coralligeno. La terza tipologia di habitat comprende i fondali fangosi e detritici: questi sono costituiti da una sabbia molto fangosa con piccole pietre e gusci di Bivalvi. Caratteristica condivisa di tutti i fondali del Mar Ligure è la presenza della *Posidonia oceanica*, importantissima pianta marina in quanto produttrice di ossigeno e di sostanze organiche, nonché creatrice di nicchie ecologiche spesso rifugio di molte specie marine. In aggiunta *Posidonia oceanica* protegge le spiagge e i litorali dall'erosione del moto ondoso, formando così una fondamentale barriera naturale (Luoni, 2009).



**Fig.24: Posizione cubi ad Alassio**



**Fig.25: Posizione impianti a Gallinara**

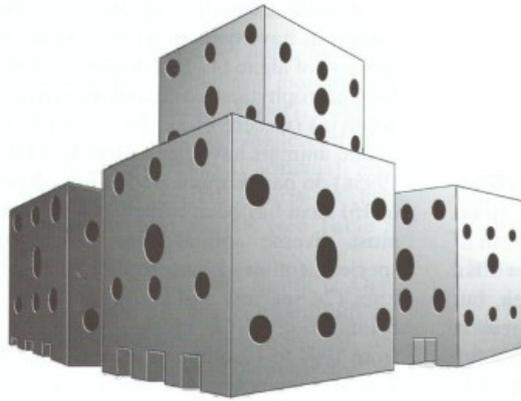
In questo progetto le strutture sfruttate per lo studio sono situate a largo di Alassio (Fig.24) mentre gli impianti posizionati sul substrato naturale si trovano vicino l'isola di Gallinara (Fig.25).

### ***2.2.2 Metodologie applicate***

Le strutture (cubi in cemento) utilizzate per il caso studio di *Chondrosia reniformis* erano già presenti a largo di Alassio.

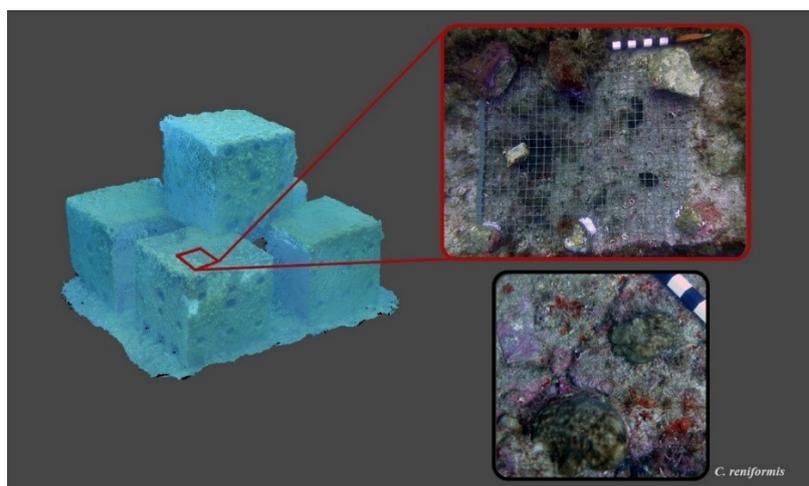
Inizialmente avevano lo scopo di barriera fisica a protezione del fondale dalla pesca a strascico illegale, e con il passare degli anni, sono state sfruttate come reef artificiale per il ripopolamento di specie marine (Relini et al., 2007).

I cubi situati in questo sito sono di diverse dimensioni. Per questo progetto sono stati utilizzati 2 sistemi di cubi in cemento (5 per ogni sistema), ogni cubo di dimensioni 2 m X 2 m X 2 m. Questi cubi presentano dei fori sulla superficie.



**Fig.26: Riproduzione dei cubi di Alassio,  
Relini et al. (2007)**

Su queste strutture (Fig.26), che si trovano alla profondità di 11 m, grazie al lavoro di operatori subacquei sono stati fatti aderire i 10 frammenti (provenienti da diverse colonie) di *Chondrosia reniformis* (prelevati sempre ad Alassio), con l'ausilio di una rete in plastica che non ha permesso alle spugne di muoversi e fuggire via (Fig.27).



**Fig.27: Strutture di Alassio con gli impianti,  
Pulido (2021)**

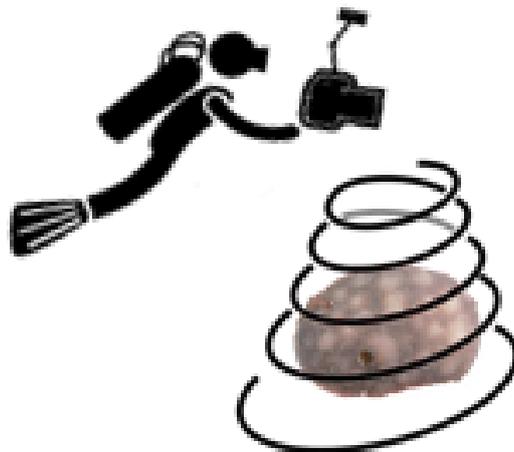
Una volta avvenuta l'adesione la rete è stata tolta, lasciando così gli organismi liberi di accrescere senza ulteriori vincoli. I frammenti del primo impianto di *Chondrosia reniformis* sono stati fatti aderire al substrato artificiale il giorno 26/08/2020 e la cadenza dei controlli da parte di operatori subacquei è stata bimestrale. L'ultimo controllo risale al giorno 07/09/2021. Per il monitoraggio della crescita degli impianti di *C. reniformis* è stata posizionata una scala metrica vicino agli organismi.



**Fig.28: scala metrica**

Tale scala metrica (Fig.28) ha una lunghezza totale di 20 cm, mentre ogni rettangolo bianco o nero ha una lunghezza di 1,5 cm. Il monitoraggio, come già

accennato sopra, è stato eseguito da operatori subacquei dotati di fotocamera compatta Sony rx 100 V con custodia subacquea originale Sony e una lente piatta. La workstation sulla quale sono state analizzate le foto e i video è dotata di processore AMD Ryzen 7 3700 X 8-Core Processor. Sono state applicate misurazioni 2D e fotogrammetria 3D (Fig.29). Con la fotogrammetria 3D le foto delle spugne (30/40 per impianto) sono state utilizzate per poter ricostruire in 3D la superficie e il volume di quest'ultime, grazie al software Agisoft Metashape (Agisoft LCC, 2016).



**Fig.29: Tecnica di scatto dei fotogrammi nella fotogrammetria 3D**

Per creare i modelli 3D ci sono 4 passaggi fondamentali: 1) photo alignment, 2) building Dense Cloud, 3) building Mesh, 4) generating Texture. Attraverso la fase di allineamento il software determina l'orientamento e la posizione di tutte le immagini caricate. La Dense Point Cloud è generata dal programma

tramite il calcolo delle profondità estrapolate dalle immagini, basandosi sulla posizione stimata di ogni foto. Questi punti vengono usati come vertici di triangoli che vanno a formare una Mesh poligonale tridimensionale che rappresenta la superficie dell'oggetto. Alla fine, Agisoft Metashape ricava dalle foto una Texture Atlas, utilizzata per creare una Texture. Per calcolare la superficie dal modello, dalla Dense Cloud dimensionata è stata creata una Mesh. Il Software permette di chiudere la Mesh tramite la sua intersezione con un piano basale, consentendo così la misura delle aree superficiali e dei volumi di tutte le spugne attraverso lo strumento di misura di aree superficiali e volumi del programma e grazie ad una scala metrica (Fig.28) di riferimento posizionata vicino ai frammenti prima delle foto. L'analisi fotografica in 2D, invece, è utilizzata per organismi bentonici piatti o incrostanti su substrati piani regolari. Per questa tecnica è stato utilizzato il software gratuito ImageJ (Schneider et al., 2012). Questo programma ci consente il calcolo dell'area di copertura della spugna se si posiziona un oggetto di dimensioni note nell'immagine, come la scala metrica sopra descritta. Con questo programma si riesce a delimitare il poligono intorno alla spugna e quindi a calcolare l'area di questo poligono. Confrontando le immagini, e i dati conseguenti, scattate nei diversi monitoraggi, si è potuto constatare l'effettivo stato di crescita di ogni spugna.

Oltre agli impianti sui cubi a 11 m di profondità, sono stati tenuti in considerazione altri impianti di *Chondrosia reniformis* (prelevati sempre ad Alassio) posizionati su substrati naturali, inizialmente sempre con rete, a profondità di 25 m (3 impianti per un totale di 16 frammenti provenienti da più colonie) e 30 m (un impianto per un totale di 6 frammenti anch'essi provenienti da diverse colonie). Questi invece si trovano vicino l'isola di Gallinara. Infine, nell'ottica di analizzare i dati raccolti nella maniera più precisa possibile, si è deciso di effettuare un'analisi statistica tramite l'open software R (R Core Team, 2017).

## Capitolo terzo

### RISULTATI

#### ***3.1 Risultati caso studio 1: Sepia officinalis***

Per quello che riguarda le strutture immerse ad Ancona (Passetto) e a Grottammare non ci sono stati risultati di rilievo, ovvero non è stata rilevata deposizione di uova da parte di *Sepia officinalis*.



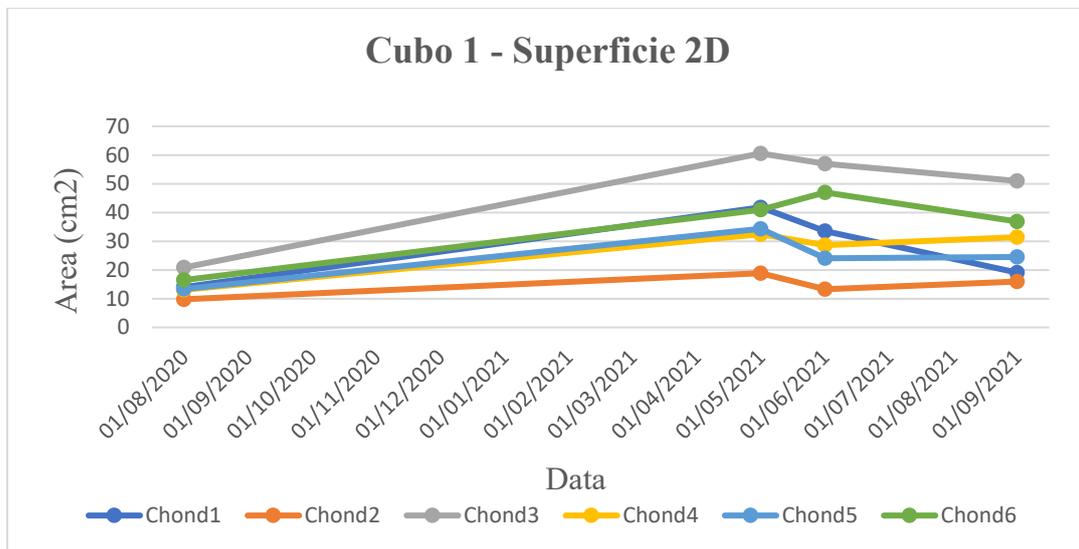
**Fig.30: Monitoraggio cubi**

Dopo il posizionamento dei blocchi avvenuto il 16/04/2021 ad Ancona e il 07/05/2021 a Grottammare sono stati effettuati controlli (Fig.30) bisettimanali

che hanno evidenziato l'assenza di uova di *Sepia officinalis* sulle strutture progettate.

### 3.2 Risultati caso studio 2: *Chondrosia reniformis*

Andando ad analizzare i substrati sui quali hanno aderito i frammenti di *Chondrosia reniformis* sono stati ottenuti i risultati tramite i quali estrapolare le seguenti figure:



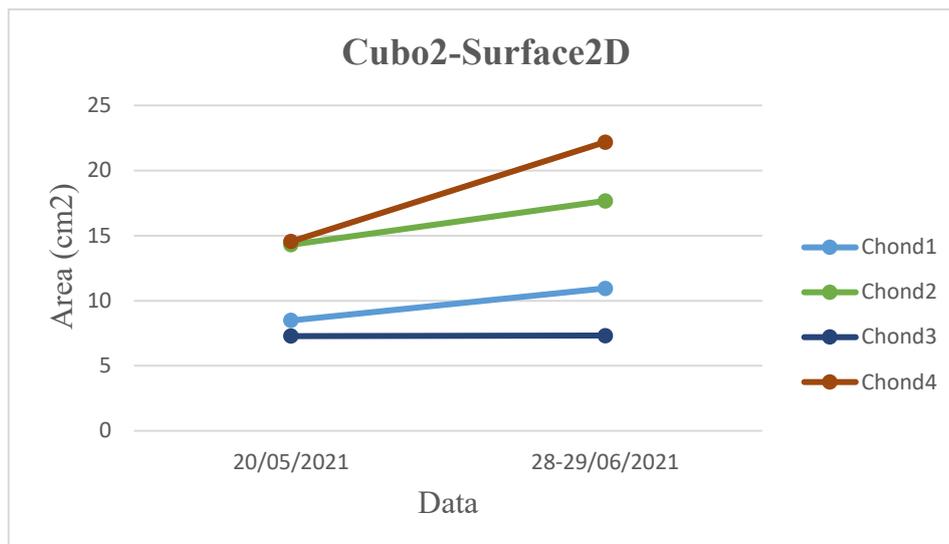
**Fig.31: Andamento superficie 2D impianto cubo 1**

Il cubo 1 di Alassio ha un impianto di 6 frammenti di *Chondrosia reniformis* i quali sono stati monitorati in tre momenti, oltre al giorno del posizionamento, per quello che riguarda la loro superficie 2D: il 26/08/2020, giorno iniziale del posizionamento dei frammenti, il 20/05/2021, il 28-29/06/2021 e il 07/09/2021 (Fig.31). I frammenti 1 e 3, dopo una prima espansione, hanno avuto un

decremento costante; nonostante questo il valore dell'ultimo monitoraggio evidenzia come ci sia stato comunque un accrescimento rispetto al valore iniziale (Tab.1). I frammenti 2, 4 e 5 hanno avuto un andamento un po' altalenante, con una prima espansione, un leggero decremento e un seguente piccolo incremento rilevato nell'ultimo monitoraggio. Anche in questo caso l'ultimo rilevamento ha evidenziato un incremento della superficie 2D rispetto al valore di partenza (Tab.1). Il frammento 6 ha evidenziato una crescita costante con un leggero decremento finale. Il valore dell'area finale della spugna rimane comunque maggiore rispetto a quello rilevato il 26/08/2020, data di inizio dello studio (Tab.1).

**Tab.1: Andamento superficie 2D impianto cubo 1**

| <b>FRAMMENTO</b> | <b>SUPERFICIE<br/>2D 26/08/2020<br/>(cm2)</b> | <b>SUPERFICIE<br/>2D 07/09/2021<br/>(cm2)</b> | <b>ANDAMENTO<br/>%</b> |
|------------------|---|---|------------------------|
| <b>1</b>         | <b>14,016</b>                                 | <b>19,03</b>                                  | <b>+35,74%</b>         |
| <b>2</b>         | <b>9,778</b>                                  | <b>16</b>                                     | <b>+63,63%</b>         |
| <b>3</b>         | <b>20,852</b>                                 | <b>51</b>                                     | <b>+144,58%</b>        |
| <b>4</b>         | <b>13,085</b>                                 | <b>31,37</b>                                  | <b>+139,75%</b>        |
| <b>5</b>         | <b>13,354</b>                                 | <b>24,46</b>                                  | <b>+83,19%</b>         |
| <b>6</b>         | <b>16,487</b>                                 | <b>36,849</b>                                 | <b>+123,5%</b>         |

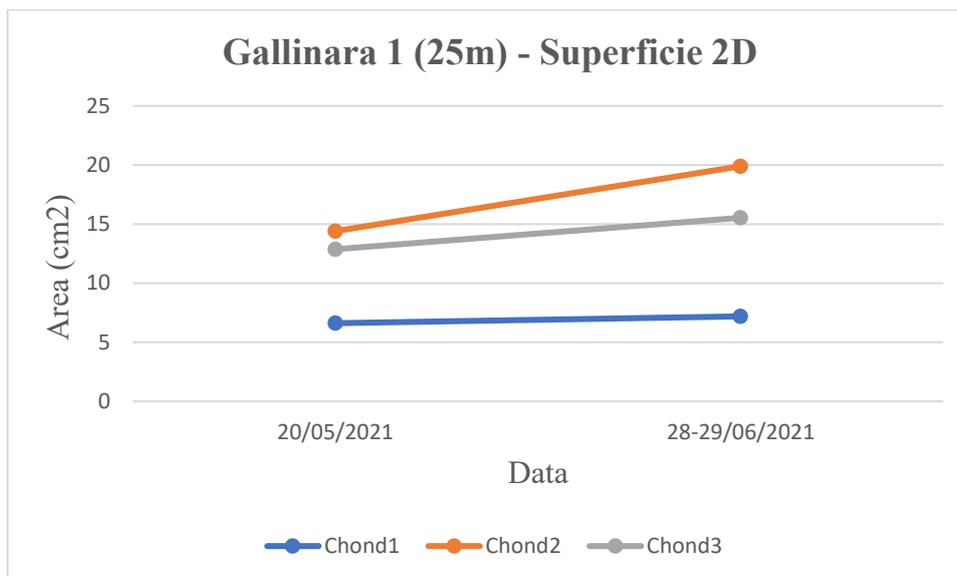


**Fig.32: Andamento superficie 2D impianto cubo 2**

Il cubo 2 di Alassio ha un impianto di 4 frammenti di *Chondrosia reniformis* i quali sono stati analizzati in due periodi differenti, il 20/05/2021, giorno del posizionamento dell'impianto, e il 28-29/06/2021. Il rilevamento della superficie 2D di questi organismi ha evidenziato un incremento costante in tutti i frammenti con un accrescimento meno evidente nel frammento 3 (Fig.32) (Tab.2).

**Tab.2: Andamento superficie 2D impianto cubo 2**

| FRAMMENTO | SUPERFICIE 2D 20/05/2021 (cm2) | SUPERFICIE 2D 28-29/06/2021 (cm2) | ANDAMENTO % |
|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| 1         | 8,477                          | 10,95                             | +29,15%     |
| 2         | 14,297                         | 17,67                             | +23,59%     |
| 3         | 7,277                          | 7,33                              | +0,66%      |
| 4         | 14,54                          | 22,19                             | +52,58%     |



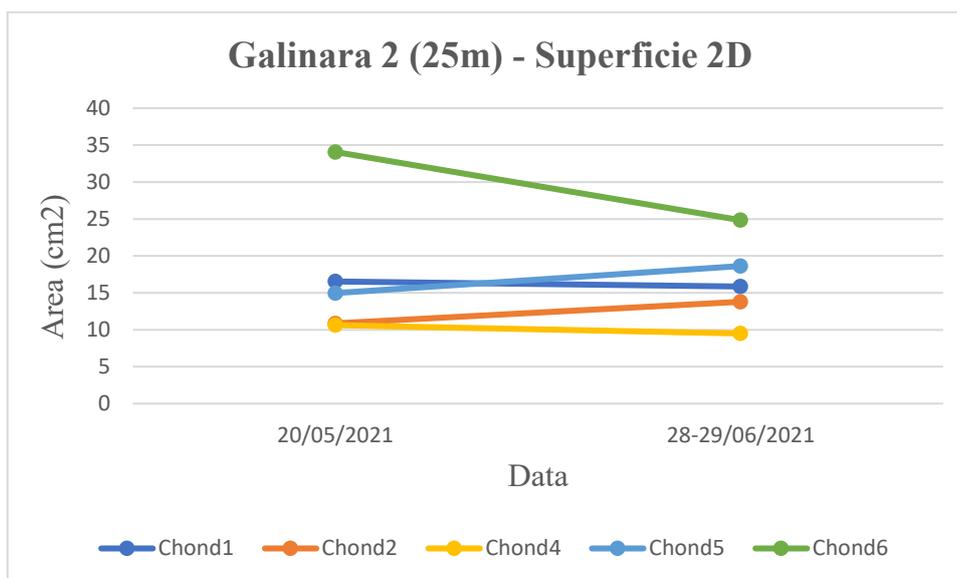
**Fig.33: Andamento superficie 2D impianto 1 Gallinara (25 m)**

Il monitoraggio degli impianti situati su substrato naturale è suddiviso in 3 impianti posizionati a Gallinara alla profondità di 25 m e in un impianto, sempre a Gallinara, alla profondità di 30 m. Per quello che riguarda l'impianto 1 a 25 m, il 20/05/2021 è avvenuto il posizionamento dei 4 frammenti,

monitorati poi una prima volta il 28-29/06/2021 (Fig.33). Nel monitoraggio il frammento 4 non era più presente sul substrato considerato ma probabilmente era migrata altrove. Il rilevamento della superficie 2D dei frammenti rimasti ha evidenziato un incremento costante, con un accrescimento più marcato per i frammenti 2 e 3 (Tab.3).

**Tab.3: Andamento superficie 2D impianto 1 Gallinara (25 m)**

| FRAMMENTO | SUPERFICIE 2D 20/05/2021 (cm2) | SUPERFICIE 2D 28-29/06/2021 (cm2) | ANDAMENTO % |
|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| 1         | 6,606                          | 7,18                              | +8,73%      |
| 2         | 14,401                         | 19,89                             | +38,11%     |
| 3         | 12,866                         | 15,53                             | +20,68%     |
| 4         | 11,24                          | NA                                | NA          |

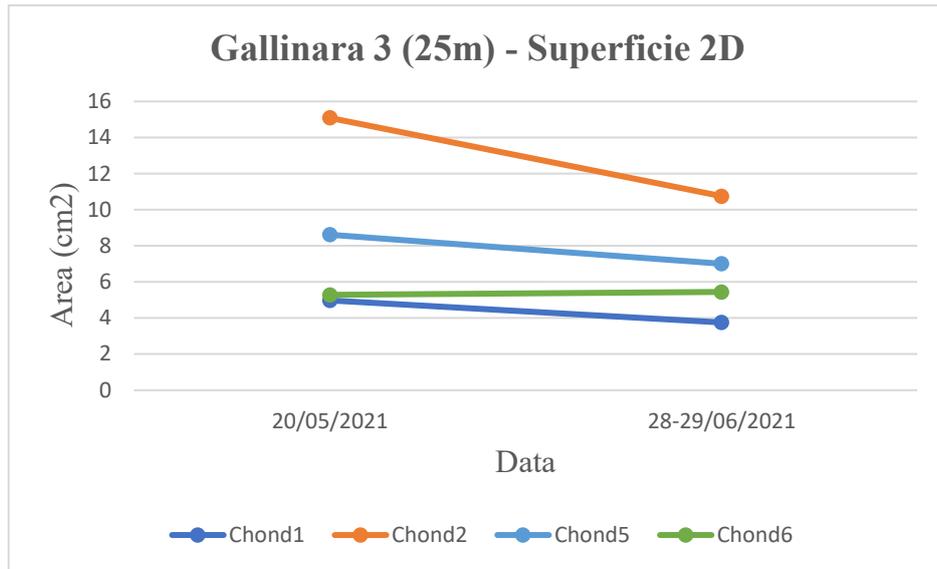


**Fig.34: Andamento superficie 2D impianto 2 Gallinara (25 m)**

Il secondo impianto di Gallinara a 25 m di profondità è rappresentato da 6 frammenti. Il frammento 3, dopo il primo posizionamento avvenuto in data 20/05/2021, non è stato più trovato sul substrato considerato probabilmente a causa del suo movimento su un altro substrato. Dopo il primo e ultimo monitoraggio del 28-29/06/2021 (Fig.34), è stato evidenziato un incremento della superficie 2D nei frammenti 2 e 5 e un decremento della stessa nei frammenti 1, 4 e 6 (Tab.4). Il decremento più importante è avvenuto proprio nel frammento 6 (Tab.4).

**Tab.4: Andamento superficie 2D impianto 2 Gallinara (25 m)**

| FRAMMENTO | SUPERFICIE 2D 20/05/2021 (cm2) | SUPERFICIE 2D 28-29/06/2021 (cm2) | ANDAMENTO % |
|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| 1         | 16,542                         | 15,85                             | -4,17%      |
| 2         | 10,866                         | 13,79                             | +26,89%     |
| 3         | 5,124                          | NA                                | NA          |
| 4         | 10,622                         | 9,50                              | -10,61%     |
| 5         | 14,965                         | 18,63                             | +24,50%     |
| 6         | 34,071                         | 24,84                             | -27,08%     |

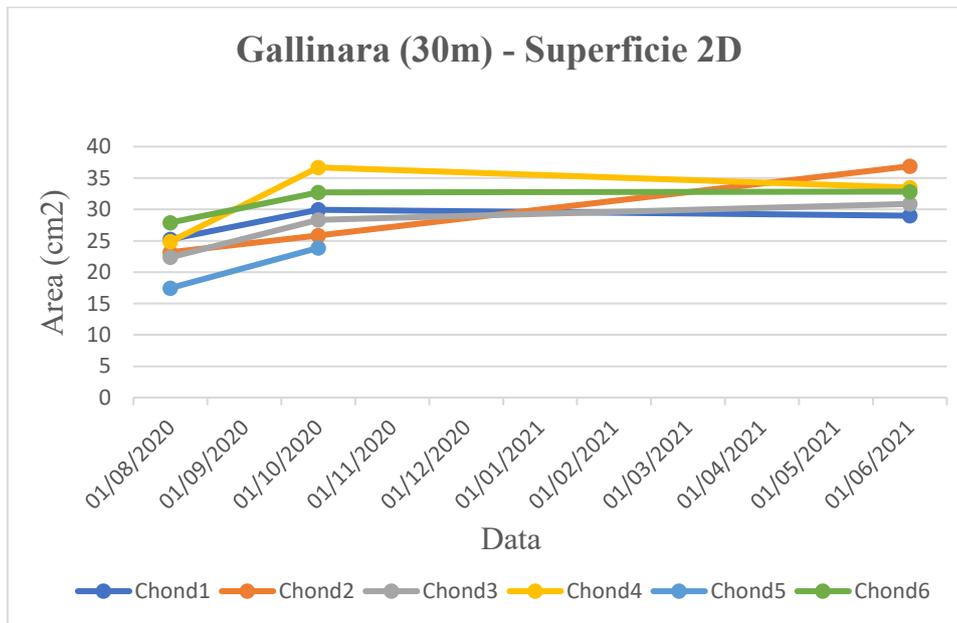


**Fig.35: Andamento superficie 2D impianto 3 Gallinara (25 m)**

Il terzo impianto di Gallinara a 25 m di profondità è costituito da 6 frammenti: il numero 3 e il numero 4 non sono stati ritrovati nel primo monitoraggio probabilmente a causa dello stesso motivo per il quale alcuni frammenti degli altri impianti non sono stati più rilevati. Anche in questo caso la data del primo posizionamento risale al 20/05/2021 e il seguente monitoraggio risale al 28-29/06/2021 (Fig.35). Un solo frammento, il numero 6, evidenzia un leggero incremento della superficie 2D, mentre gli altri 3 frammenti, il numero 1, il 2 e il 5, hanno un decremento (Tab.5). Si può affermare che in linea generale questo impianto mette in risalto un decremento della superficie 2D.

**Tab.5: Andamento superficie 2D impianto 3 Gallinara (25 m)**

| FRAMMENTO | SUPERFICIE 2D 20/05/2021 (cm2) | SUPERFICIE 2D 28-29/06/2021 (cm2) | ANDAMENTO % |
|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| 1         | 4,975                          | 3,75                              | -24,54%     |
| 2         | 15,089                         | 10,75                             | -28,73%     |
| 3         | 13,778                         | NA                                | NA          |
| 4         | 11,976                         | NA                                | NA          |
| 5         | 8,616                          | 7,01                              | -18,65%     |
| 6         | 5,285                          | 5,45                              | +3,05%      |

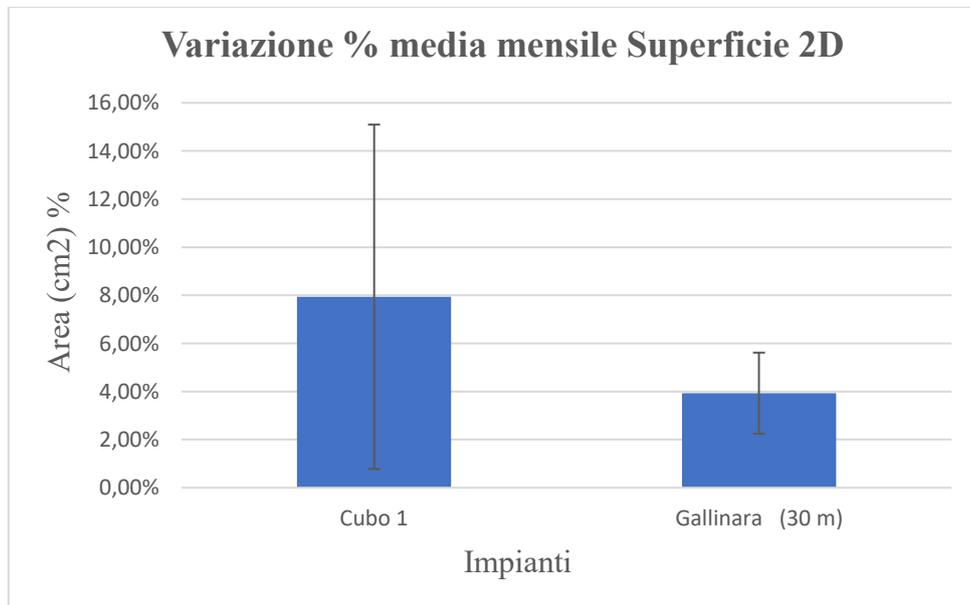


**Fig.36: Andamento superficie 2D impianto Gallinara (30 m)**

Andando ad analizzare l'unico impianto di Gallinara situato a 30 m di profondità si evidenzia una situazione di generale accrescimento della superficie 2D (Fig.36). In questo caso i monitoraggi sono avvenuti il 24/10/2020 e il 28-29/06/2021, oltre che al primo momento di posizionamento dell'impianto il 26/08/2020. Questo impianto è rappresentato da 6 frammenti: il frammento 5, dopo aver avuto un accrescimento rilevato al primo monitoraggio, non è stato più trovato, anche qui probabilmente per lo stesso motivo spiegato sopra per gli altri frammenti non ritrovati degli altri impianti. Il numero 3 ha avuto un accrescimento costante e graduale in entrambi i monitoraggi (Tab.6). I frammenti 1 e 4, dopo un iniziale incremento della superficie 2D in data 24/10/2020, hanno evidenziato un leggero decremento nell'ultimo monitoraggio. Nonostante ciò, questi due frammenti sono accresciuti rispetto al momento del primo posizionamento (Tab.6). Il frammento 2 mette in risalto un incremento costante che diventa notevole tra il primo e il secondo monitoraggio (Tab.6). Il numero 6, dopo il primo monitoraggio, è stato trovato diviso in due pezzi. Il valore presente nella Fig.36 rappresenta la somma delle superfici 2D di entrambi i pezzi. Questo frammento ha un accrescimento costante e graduale nel tempo (Tab.6).

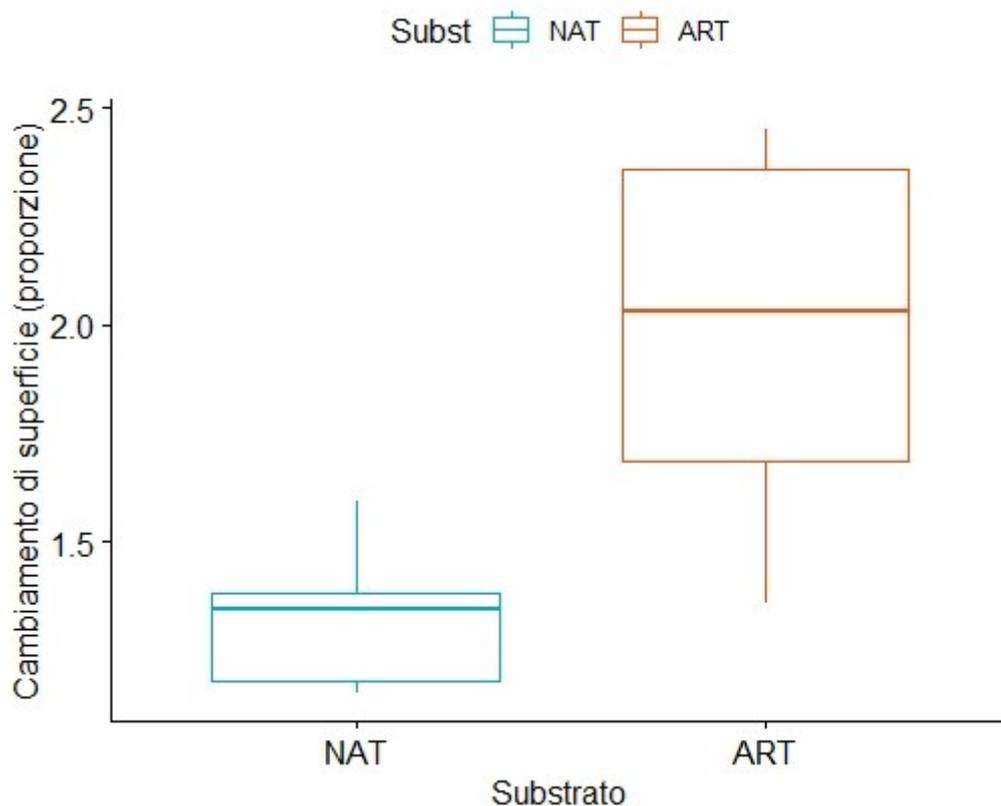
**Tab.6: Andamento superficie 2D impianto Gallinara (30 m)**

| FRAMMENTO | SUPERFICIE 2D 26/08/2020 (cm2) | SUPERFICIE 2D 28-29/06/2021 (cm2) | ANDAMENTO % |
|-----------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| 1         | 25,238                         | 29,02                             | +14,99%     |
| 2         | 23,166                         | 36,88                             | +59,22%     |
| 3         | 22,357                         | 30,87                             | +38,09%     |
| 4         | 24,864                         | 33,48                             | +34,67%     |
| 5         | 17,465                         | NA                                | NA          |
| 6         | 27,896                         | 42,28                             | +51,55%     |



**Fig.37: Variazione % media mensile superficie 2D impianti cubo 1 e Gallinara (30 m)**

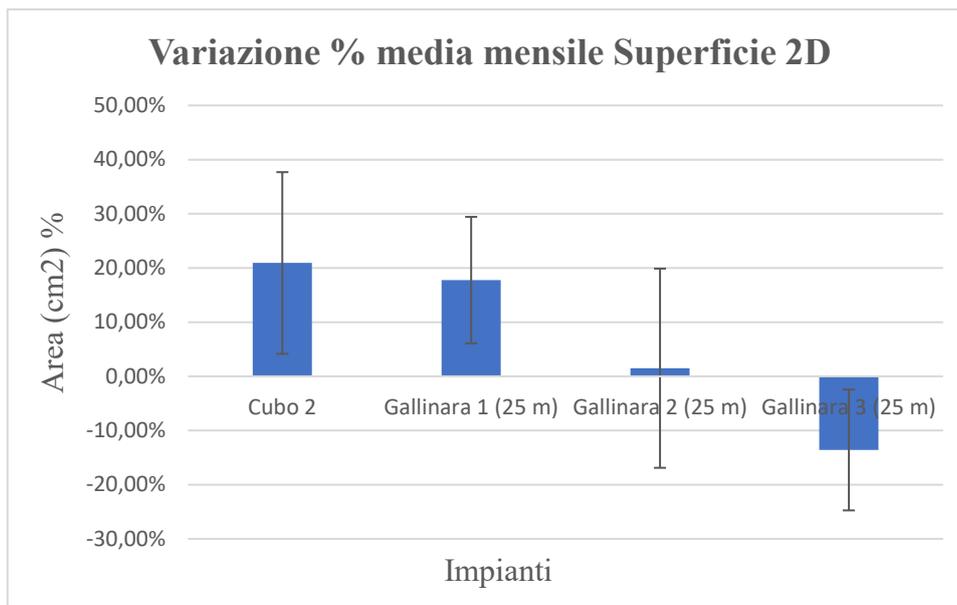
La Figura 37 mette a confronto la variazione percentuale media mensile della superficie 2D degli impianti situati sul cubo 1 e a Gallinara (30 m). Questi sono i due impianti con la scala temporale di monitoraggio più lunga (per il cubo 1 un anno, per Gallinara (30 M) 10 mesi). Come si può vedere, entrambi hanno avuto un incremento percentuale medio mensile. L'impianto del cubo 1 è aumentato del 7,94% mentre quello di Gallinara (30 m) del 3,93%.



**Fig.38: Box plot andamento annuale superficie 2D substrato artificiale e naturale**

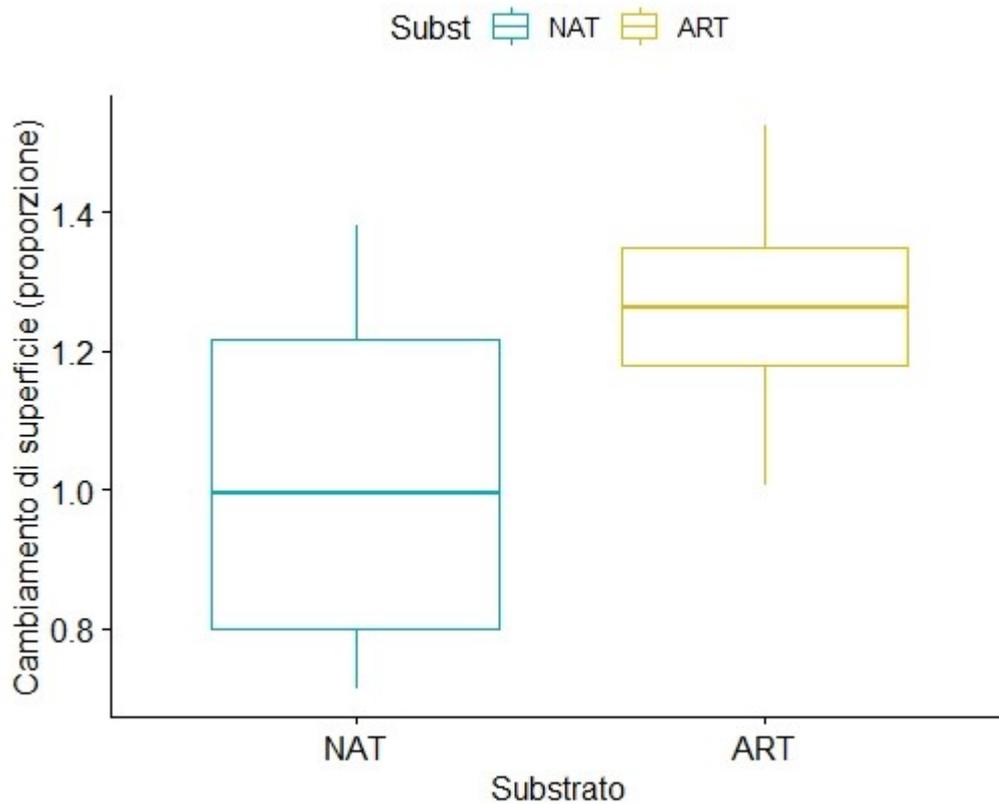
Questo box plot (Fig.38) mette in evidenza la distribuzione dei dati della superficie 2D dei frammenti sul substrato naturale di Gallinara (30 m) e sul

substrato artificiale rappresentato dal cubo 1 di Alassio (impianti che hanno avuto un monitoraggio di un anno). Si può affermare come i frammenti posizionati sul substrato artificiale abbiano avuto un incremento maggiore rispetto a quelli posizionati sul substrato naturale. Per analizzare più in profondità i dati raccolti è stata effettuata un'analisi statistica. Tramite lo Shapiro test si è analizzata la normalità dei dati ottenendo un p-value  $> 0,05$  (0,1069). Questo valore determina che i dati raccolti seguono una distribuzione normale. Per testare l'omoschedasticità dei dati è stato utilizzato il Levene test ottenendo un p-value  $< 0,05$  (0,02237). In questo caso si evidenzia la non omogeneità dei dati raccolti. L'esito dei test ci ha condotto ad attuare il test non parametrico Kruskal-Wallis per ricercare differenze statisticamente significative tra il substrato naturale e quello artificiale. Da questo si è ottenuto un p-value  $< 0,05$  (0,01762) che evidenzia la presenza di differenze statisticamente significative tra il substrato naturale e quello artificiale nel monitoraggio annuale.



**Fig.39: Variazione % media mensile superficie 2D impianti cubo 2, Gallinara 1,2,3 (25 m)**

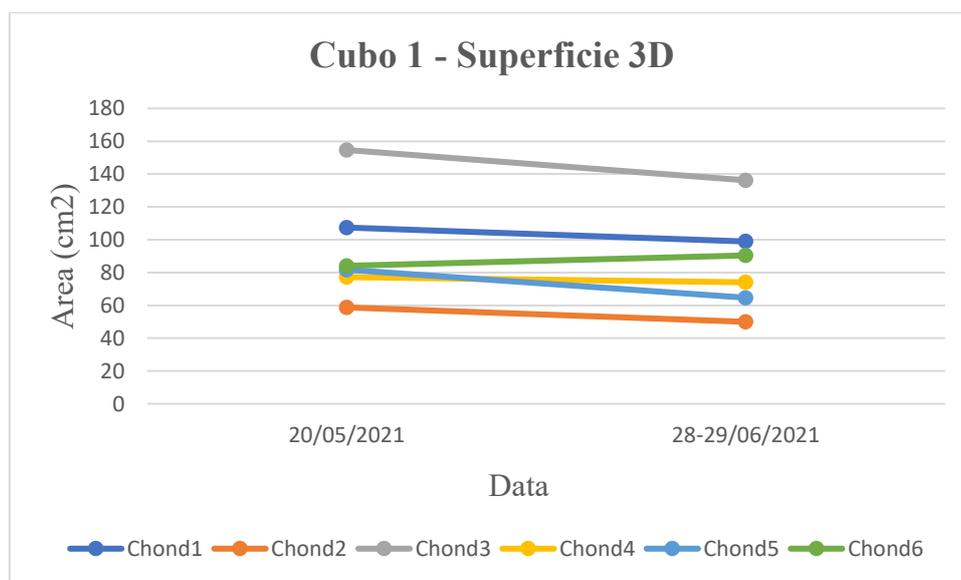
La Figura 39 evidenzia la variazione percentuale media mensile della superficie 2D degli impianti situati sul cubo 2 e dei 3 impianti di Gallinara (25 m). Questi impianti hanno un monitoraggio temporalmente più ridotto (un mese) rispetto a quelli analizzati nella Figura 37. Anche in questo caso si rileva un aumento generale fatta eccezione per l'impianto 3 di Gallinara (25 m). L'impianto sul cubo 2 è aumentato del 20,92%, il numero 1 di Gallinara del 17,77% e il numero 2 di Gallinara del 1,50%. L'impianto 3 di Gallinara ha avuto un decremento percentuale medio mensile della superficie 2D del 13,59%.



**Fig.40: Box plot andamento mensile superficie 2D substrato artificiale e naturale**

In questo box plot (Fig.40) si evidenzia la distribuzione dei dati della superficie 2D dei frammenti sui substrati naturale di Gallinara 1,2,3 (25 m) e sul substrato artificiale rappresentato dal cubo 2 di Alassio (impianti che hanno avuto un monitoraggio di un mese). Si può affermare come i frammenti posizionati sul substrato artificiale abbiano avuto un incremento leggermente maggiore rispetto a quelli posizionati sui substrati naturali; la distribuzione è comunque equiparabile. Per analizzare più in profondità i dati raccolti è stata effettuata un'analisi statistica. Tramite lo Shapiro test si è analizzata la normalità dei dati ottenendo un p-value  $> 0,05$  (0,5497). Questo valore determina che i dati

raccolti seguono una distribuzione normale. Per testare l'omoschedasticità dei dati è stato utilizzato il Levene test ottenendo un p-value  $> 0,05$  (0,4396). In questo caso si evidenzia l'omogeneità dei dati raccolti. L'esito dei test ci ha condotto ad attuare il test parametrico T-test per ricercare differenze statisticamente significative tra il substrato naturale e quello artificiale. Da questo si è ottenuto un p-value  $> 0,05$  (0,08956) che evidenzia l'assenza di differenze statisticamente significative tra il substrato naturale e quello artificiale nel monitoraggio mensile.



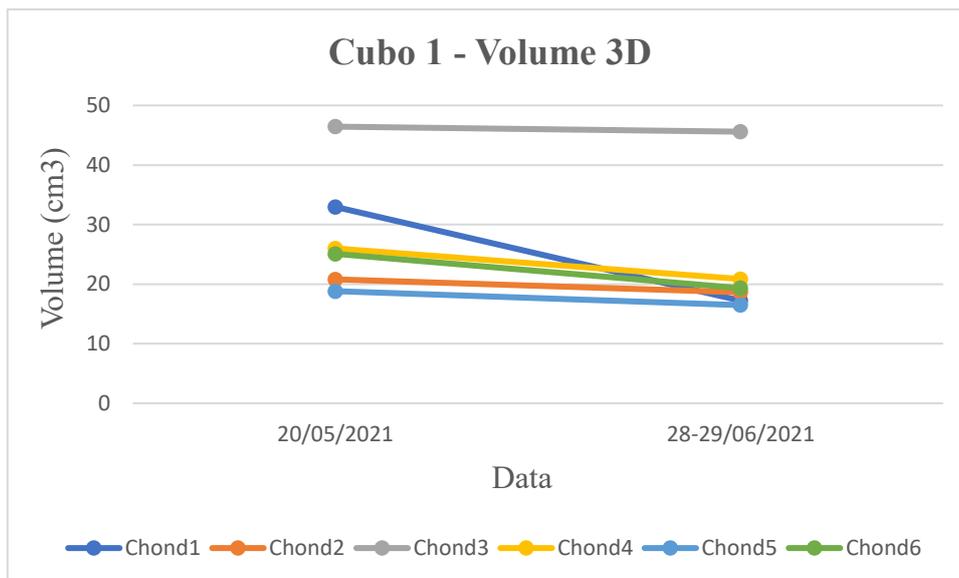
**Fig.41: Andamento superficie 3D impianto cubo 1**

La Figura 41 prende in considerazione la superficie 3D dei frammenti posizionati sul cubo 1. Si evidenzia un generale decremento di tutti i frammenti. Come prima spiegato, i frammenti di questo impianto sono 6. Nonostante il

posizionamento dell'impianto sia avvenuto il 26/08/2020, è stato possibile monitorare la superficie 3D soltanto il 20/05/2021 e il 28-29/06/2021. Tutte i frammenti hanno un andamento decrescente ad eccezione del numero 6 (Tab.7); questa spugna mette in evidenza una leggera crescita.

**Tab.7: Andamento superficie 3D impianto cubo 1**

| <b>FRAMMENTO</b> | <b>SUPERFICIE<br/>3D 20/05/2021<br/>(cm2)</b> | <b>SUPERFICIE<br/>3D 28-29/06/2021<br/>(cm2)</b> | <b>ANDAMENTO<br/>%</b> |
|------------------|---|--|------------------------|
| <b>1</b>         | <b>107,419</b>                                | <b>98,94</b>                                     | <b>-7,44%</b>          |
| <b>2</b>         | <b>58,76</b>                                  | <b>49,97</b>                                     | <b>-15,32%</b>         |
| <b>3</b>         | <b>154,668</b>                                | <b>136,22</b>                                    | <b>-11,64%</b>         |
| <b>4</b>         | <b>77,201</b>                                 | <b>74,05</b>                                     | <b>-3,89%</b>          |
| <b>5</b>         | <b>81,711</b>                                 | <b>64,68</b>                                     | <b>-20,81%</b>         |
| <b>6</b>         | <b>84,102</b>                                 | <b>90,41</b>                                     | <b>+7,13%</b>          |



**Fig.42: Andamento volume 3D impianto cubo 1**

L'ultimo dato analizzato riguarda il volume 3D dell'impianto del cubo 1. Come nel caso della superficie 3D, nonostante l'impianto sia stato posizionato il 26/08/2020, è stato possibile rilevare il volume 3D soltanto in data 20/05/2021 e in data 28-29/06/2021. Tutte i frammenti evidenziano una diminuzione del volume nel periodo considerato (Fig.42) (Tab.8) e, in particolare, il numero 1 ha un decremento molto marcato rispetto agli altri.

**Tab.8: Andamento volume 3D impianto cubo 1**

| <b>FRAMMENTO</b> | <b>VOLUME 3D<br/>20/05/2021<br/>(cm3)</b> | <b>VOLUME 3D<br/>28-29/06/2021<br/>(cm3)</b> | <b>ANDAMENTO<br/>%</b> |
|------------------|---|--|------------------------|
| <b>1</b>         | <b>33</b>                                 | <b>17,23</b>                                 | <b>-47,75%</b>         |
| <b>2</b>         | <b>20,804</b>                             | <b>18,63</b>                                 | <b>-10,46%</b>         |
| <b>3</b>         | <b>46,442</b>                             | <b>45,60</b>                                 | <b>-1,82%</b>          |
| <b>4</b>         | <b>25,99</b>                              | <b>20,86</b>                                 | <b>-19,74%</b>         |
| <b>5</b>         | <b>18,824</b>                             | <b>16,47</b>                                 | <b>-12,49%</b>         |
| <b>6</b>         | <b>25,086</b>                             | <b>19,32</b>                                 | <b>-23%</b>            |

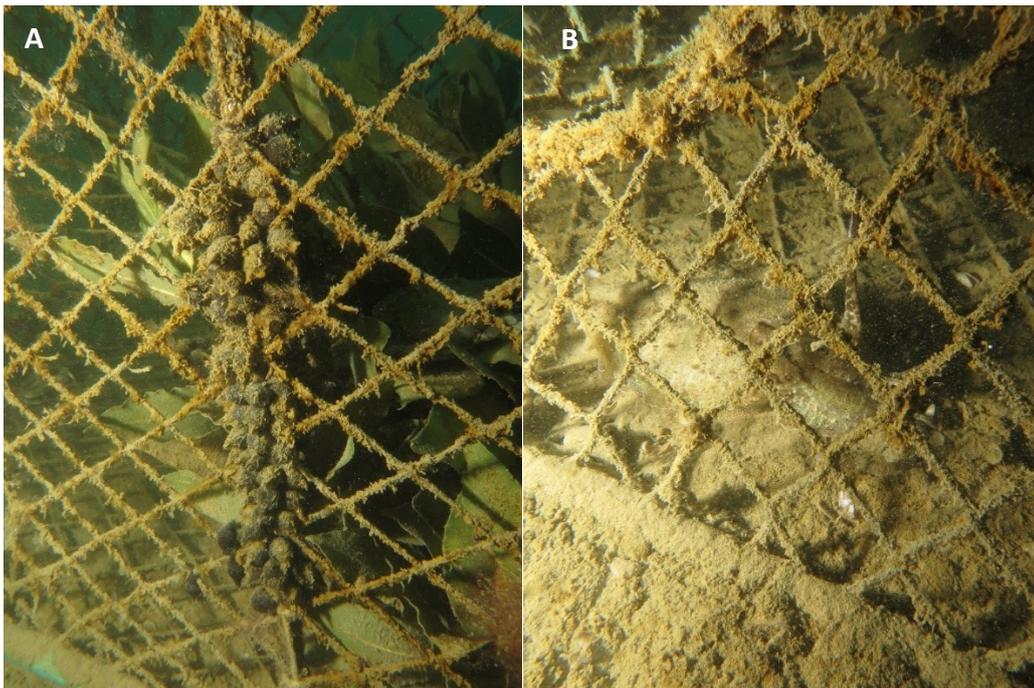
## Capitolo quarto

### DISCUSSIONI

#### ***4.1 Discussioni caso studio 1: Sepia officinalis***

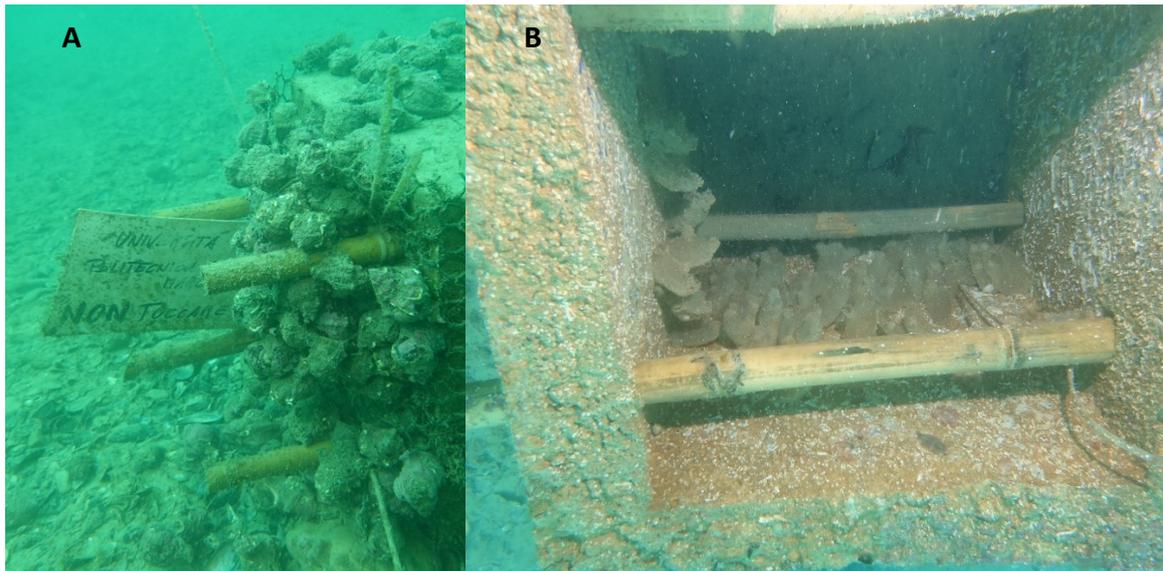
I risultati ottenuti nel caso studio di *Sepia officinalis* non sono stati di rilievo in quanto non c'è stata deposizione di uova da parte della specie in questione. Si possono però fare delle considerazioni in merito: le strutture utilizzate in questo progetto si sono dimostrate molto resistenti alle condizioni ambientali alle quali sono state sottoposte nel periodo considerato (metà aprile – metà settembre). Le canne di bambù non si sono degradate dimostrando una buona resistenza e candidandosi come materiale utile all'applicazione di questo progetto. Per quello che riguarda l'assenza di deposizione bisogna considerare principalmente due fattori: innanzitutto il tardivo posizionamento dei substrati artificiali, dovuto ai tempi tecnici di preparazione delle strutture, alla disponibilità dei mezzi per portare le suddette in mare e al meteo non sempre favorevole, ha sicuramente inciso negativamente. I cubi sono stati posizionati ad Ancona il 16/04/2021 e a Grottammare il 07/05/2021. Considerando che il picco della deposizione si ha all'inizio della primavera sicuramente questo elemento ha influenzato molto i risultati dello studio. Il secondo fattore da considerare è la necessità di monitorare le strutture su un periodo più lungo di

quello considerato per cercare di avere un riscontro più veritiero e soddisfacente di quello avuto nei pochi mesi analizzati. Questo è testimoniato anche dal fatto che nell'ultimo monitoraggio (avvenuto a settembre), nelle aree dove si trovano le nasse dei pescatori (substrati molto utilizzati dalla seppia comune per la deposizione delle uova) adiacenti alle strutture, sono state ritrovate alcune uova (Fig.43A) e alcune seppie (Fig.43B). Questo a dimostrazione del fatto che un monitoraggio su lungo termine potrà dare sicuramente risultati più attendibili e soddisfacenti.



**Fig.43: (A) Uova di *Sepia officinalis* su nasse e (B) Esemplare di *Sepia officinalis*, Cerrano (2021)**

Nonostante ciò, durante i monitoraggi si è notato come le strutture siano state colonizzate da altri organismi come Ascidie (Fig.44B) e Gasteropodi (Fig.44A).



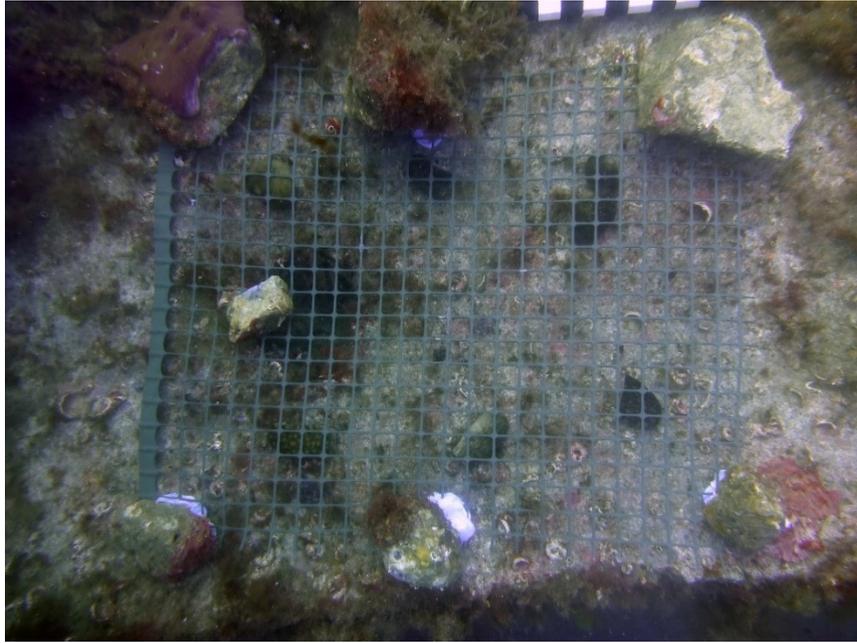
**Fig.44: (A) Gasteropodi e (B) Ascidie sulle strutture,  
Pulido (2021)**

Questo dato potrebbe essere utile in ottica di ripopolamento di organismi marini in pericolo e allevamento di quelli di interesse commerciale. Al netto di tutto questo, il progetto sta continuando e i monitoraggi proseguiranno nei prossimi mesi nella speranza di avere risultati più attendibili sulla reale efficacia di queste strutture.

## **4.2 Discussioni caso studio 2: Chondrosia reniformis**

I risultati ottenuti dalla maricoltura di *Chondrosia reniformis* aprono ad una serie di riflessioni su questa specie di notevole interesse commerciale. Sicuramente si può evidenziare come gli organismi considerati abbiano avuto una crescita più marcata ed evidente sul substrato artificiale rispetto al substrato naturale. Una prima spiegazione attribuibile a questo dato potrebbe essere la minor presenza di competitori nel substrato artificiale rispetto al substrato naturale. Gli operatori subacquei, nel momento del primo impianto e, quando possibile, anche durante i monitoraggi, hanno rimosso eventuali competitori da tutti i tipi di substrato per favorire la crescita di *Chondrosia reniformis*.

Sui substrati naturali la probabilità di aver colonizzazioni di competitori dai substrati rocciosi adiacenti è sicuramente maggiore rispetto ai substrati artificiali, più isolati e meno facilmente colonizzabili. Quindi la probabile maggiore competizione presente nei substrati naturali potrebbe aver causato un minor tasso di crescita o, in alcuni casi, anche un decremento della superficie degli organismi.



**Fig.45: Impianto cubo 1 Alassio,  
Pulido (2020)**

Un altro dato interessante emerso da questo studio, soprattutto per gli impianti per i quali c'è stata la possibilità di avere un monitoraggio su un periodo più lungo (l'impianto sul cubo 1 (Fig.45) e quello a 30 m di profondità di Gallinara), è la possibile influenza della stagionalità sulla crescita dei frammenti. Durante il periodo estivo le condizioni presenti sembrano sfavorire la crescita di *Chondrosia reniformis*. La spiegazione potrebbe risiedere nel fatto che questa specie predilige ambienti e periodi dell'anno nei quali l'intensità luminosa è bassa, parametro che sicuramente raggiunge valori maggiori nel periodo estivo.

Questo tipo di ipotesi trova riscontro anche nella bibliografia dove Gökalp et al. (2019) affermano come questa specie appunto preferisca luoghi ombreggiati

e come l'innalzamento della temperatura possa favorire infezioni batteriche. Per questo motivo viene consigliato dagli autori di iniziare l'impianto di *C. reniformis* in primavera in modo tale da permettere la guarigione delle ferite causate per la creazione dei frammenti in un periodo nel quale ancora le temperature non siano troppo elevate. La torbidità può essere un altro parametro che favorisce la crescita di *Chondrosia reniformis*, sia per la conseguente minor incidenza luminosa, sia per la risospensione di particolato che può essere fonte di cibo per questi organismi (Gokalp et al., 2019).

La maggior parte dei risultati fanno riferimento alla superficie 2D in quanto questo è stato l'unico parametro di analisi che è stato possibile applicare a tutti gli impianti considerati. Naturalmente la fotogrammetria 3D garantisce un'accuratezza maggiore rispetto alla misurazione 2D, in quanto stima tutta la reale superficie dell'organismo, oltre a garantire anche il calcolo del volume 3D. La presenza della rete per l'adesione dei frammenti al substrato rende impossibile applicare questa metodologia, quindi, fino al momento in cui questa è presente non si può applicare la tecnica. Bisogna quindi considerare che l'impianto del cubo 1 è stato il primo ad essere posizionato. Questo ha permesso agli operatori subacquei di togliere la rete utilizzata per l'adesione degli organismi al primo monitoraggio e quindi di iniziare lo studio 3D. Al secondo monitoraggio si è potuta ripetere la fotogrammetria 3D e quindi avere

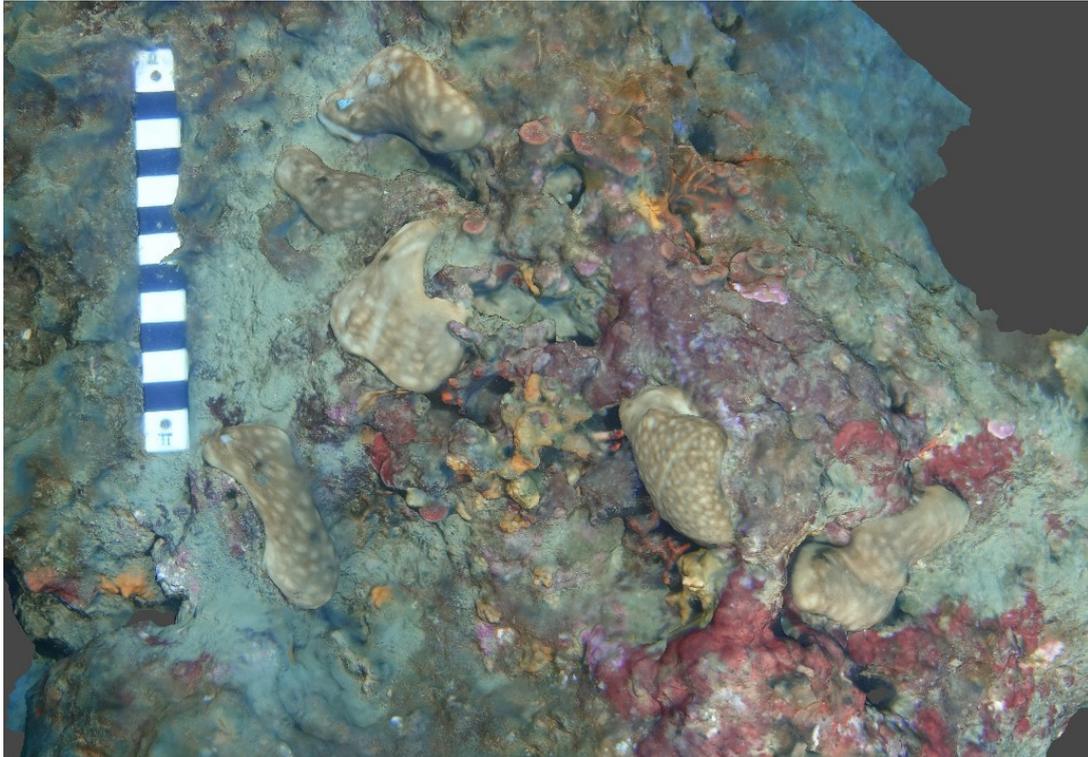
un confronto con i dati estrapolati la data precedente. In tutti gli altri impianti lo studio è ancora fermo al primo monitoraggio, quindi, non è possibile ancora fare un confronto della superficie 3D. L'unico impianto, oltre che quello del cubo 1, che ha avuto più di un monitoraggio è quello di Gallinara a 30 m di profondità; in questo caso alle problematiche prima elencate vanno aggiunte le limitazioni maggiori, per l'operatore subacqueo, provocate dalla superiore profondità che quindi non hanno permesso l'attuazione di questa tecnica. In generale va detto che non sempre, al momento del monitoraggio, è stato possibile scattare diverse foto; la difficoltà data dal tempo limitato che un operatore subacqueo può trascorrere sott'acqua e le condizioni meteo non sempre favorevoli (anche poca torbidità non rende possibile effettuare foto nitide) creano diversi problemi soprattutto per la fotogrammetria 3D. Considerando proprio la superficie 3D dell'impianto del cubo 1, si nota come tutti i frammenti abbiano una diminuzione di questo parametro, ad eccezione del numero 6 che ha un insignificante accrescimento. Innanzitutto, bisogna evidenziare come il monitoraggio di questo parametro sia stato possibile solo su un breve periodo, quindi si denota la necessità di un periodo di controllo più lungo per avere risultati più attendibili. Si può comunque provare a spiegare questa tendenza considerando che questi organismi hanno un iniziale allungamento senza accrescere in biomassa, accrescimento che avverrà poi in

un secondo momento. Questo comporta un aumento della superficie 2D ma un decremento della superficie 3D in quanto lo schiacciamento e l'appiattimento della spugna provoca un decremento dello spessore. Questa conseguenza si ha anche, ovviamente, nel caso del volume 3D per le stesse motivazioni; infatti, anche il volume dei frammenti considerati diminuisce al primo monitoraggio. I poriferi potrebbero attuare questo tipo di comportamento (prima colonizzazione e poi accrescimento) soprattutto su substrati artificiali, in quanto qui la competizione è minore. Su substrati naturali devono adottare spesso strategie differenti. Anche il volume 3D, utilizzando la stessa tecnica della superficie 3D, è stato monitorato per le stesse motivazioni solo sull'impianto del cubo 1 (Fig.46) e la scala temporale di monitoraggio è stata breve. Anche questo parametro, quindi, necessita di un periodo più lungo di monitoraggio per avere risultati più attendibili.



**Fig.46: Monitoraggio cubo 1 Alassio,  
Pulido (2021)**

Per quello che riguarda gli impianti su substrato naturale (Fig.47) si può affermare che, anche in questo caso, c'è stato un aumento della superficie 2D, in maniera comunque molto meno marcata rispetto ai frammenti dei substrati artificiali. L'unico impianto ad aver avuto un netto decremento della superficie 2D è stato il numero 3 a 25 m di profondità di Gallinara. Bisogna affermare anche che, oltre alla maggior competizione presente sui substrati naturali, elementi che possono aver influito su questo risultato sono le irregolarità del substrato come buchi e fessure dove *Chondrosia reniformis* si è andata ad inserire. Queste caratteristiche del substrato naturale possono aver falsato il reale rilevamento della superficie 2D dei frammenti. Il sito dell'impianto numero 3 presentava diversi buchi e fessure più accentuati rispetto agli altri substrati naturali considerati. *Chondrosia reniformis* preferisce migrare in zone ombreggiate ed infilarsi nelle asperità dei substrati; questo tipo di comportamento su un substrato naturale, non liscio e regolare come uno artificiale, crea diversi problemi per i monitoraggi con questa tecnica.



**Fig.47: *Chondrosia reniformis* su substrato naturale,  
Pulido (2021)**

Al netto di questo fatto rimane evidente che substrati artificiali rendano la crescita di *Chondrosia reniformis* più agevole rispetto a substrati naturali, dove è presente maggiore competizione. Concludendo, la Fig. 37 e la Fig.39 mettono in risalto le variazioni percentuali medie mensili della superficie 2D di ogni impianto. Da queste figure si evince come tutti gli impianti, ad eccezione dell'impianto numero 3 di Gallinara a 25 m di profondità, mostrino una crescita. Questa crescita è molto marcata nei substrati artificiali (cubo 1 e 2) ma anche nell'impianto numero 1 a 25 m di profondità di Gallinara. Si può ipotizzare come questo impianto fosse su un substrato naturale più regolare (con meno buchi e fessure) e con meno competizione, ovvero con condizioni

simili ad un substrato artificiale. L'incremento riscontrato sul cubo 2 e sul substrato di Gallinara 1 (25 m) non è comunque equiparabile alla crescita avvenuta nell'impianto sul cubo 1, in quanto la scala temporale del monitoraggio di quest'ultimo è molto più grande rispetto a quella degli altri due impianti (un anno rispetto ad un mese). Lo stesso discorso vale per gli altri impianti. Dall'analisi statistica sono emerse differenze statisticamente significative della variazione della superficie 2D dei frammenti tra il substrato naturale e quello artificiale su una scala temporale annuale, mentre su una scala temporale di un mese queste non sono presenti. Sul substrato artificiale, in un anno, è avvenuto un incremento significativo della superficie 2D dei frammenti rispetto a quelli sul substrato naturale. Tale risultato fa pensare che, per ottenere risultati più attendibili, bisogna attuare un monitoraggio su un periodo di tempo abbastanza lungo. Lo studio, e di conseguenza i monitoraggi, sta continuando nell'ottica di estrapolare risultati ancor più attendibili e di valutare in maniera più accurata l'efficacia di queste strutture.

## Capitolo quinto

### CONCLUSIONI

Questo studio è partito con l'obiettivo di trovare una soluzione alle diverse problematiche create dalla pressione antropica, e non solo, su due specie di interesse commerciale come *Sepia officinalis* e *Chondrosia reniformis*. La creazione e lo sfruttamento di strutture artificiali in mare aveva l'aspettativa di creare un substrato per la deposizione delle uova nel caso di *Sepia officinalis*, favorendo così il ripopolamento di questa specie, e, nel caso di *Chondrosia reniformis*, di favorire la crescita e il suo allevamento. Il raggiungimento di questo obiettivo aiuterebbe ad evitare lo sfruttamento insostenibile di queste risorse e, di conseguenza, situazioni di pericolo per questi organismi. Questo progetto ha sicuramente restituito dati incoraggianti, soprattutto per quello che riguarda *Chondrosia reniformis*. Per valutare l'efficacia delle strutture sulla deposizione di *Sepia officinalis* serve sicuramente un monitoraggio più sul lungo termine e mirato nel picco massimo di deposizione. A causa delle problematiche prima elencate questo non è stato possibile. Si attendono ulteriori monitoraggi per una reale valutazione. Il caso studio di *Chondrosia reniformis* ha fornito risultati più attendibili, soprattutto nel caso degli impianti con monitoraggi su una più lunga scala temporale. Le strutture utilizzate

permettono la maricoltura, e più in particolare l'accrescimento, di questa specie di notevole interesse commerciale. Anche in questo caso lo studio sta continuando con l'obiettivo di ottenere risultati ancora più consistenti, soprattutto nell'ottica di poter utilizzare la fotogrammetria 3D che fino ad oggi non è stato possibile utilizzare in maniera assidua. Questa tecnica garantisce un notevole margine di miglioramento ai monitoraggi. In generale questo progetto ha evidenziato l'importanza della fotografia subacquea, tecnica che va sicuramente approfondita in quanto permette monitoraggi di elevata qualità, sia per il suo utilizzo nei casi studio di questo progetto sia per la ricerca in generale. Questo studio si può considerare come un progetto pilota sia per quanto riguarda il tipo di strutture utilizzate sia per la tecnica fotogrammetrica messa in atto. Naturalmente ulteriori ricerche sono necessarie per capire la reale efficacia di queste strutture.

## BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

1. AgiSoft PhotoSCan Professional (Version 1.2.6) (Software). (2016)  
Retrieved from.
2. Blanc, A., Daguzan, J. (1998). Artificial surfaces for cuttlefish eggs (*Sepia officinalis* L.) in Morbihan Bay, France. *Fisheries Research* 38 (1998) 225-231.
3. Cataudella, S., & Spagnolo, M. (2011). Lo stato della pesca e dell'acquacoltura nei mari italiani. Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali: Rome, Italy, 877.
4. Coop. San Marco Burano – Agriteco s.c., 2015. Progetto 06/SZ/2013, Messa a punto di tecniche di ripopolamento attivo e gestione della risorsa *Sepia officinalis* nel bacino Nord della laguna di Venezia e nella fascia costiera del Compartimento Marittimo di Venezia. Relazione finale. Progetto realizzato nell'ambito del Gruppo di Azione Costiera del Veneziano Ve-GAC, Azione 2 – Sviluppo sperimentale maricoltura e acquacoltura ed approvato con DGR n. 313 del 11 marzo 2014.
5. Di Camillo, C. G., Coppari, M., Bartolucci, I., Bo, M., Betti, F., Bertolino, M., ... & Bavestrello, G. (2011). Temporal variations in growth and reproduction of *Tedania anhelans* and *Chondrosia*

- reniformis* in the North Adriatic Sea. In *Ancient animals, new challenges* (pp. 299-313). Springer, Dordrecht.
6. Di Camillo, G. (2009). Moria di spugne in Adriatico. Reef Check Italia Onlus. <https://www.reefcheckmed.org/2012/02/20/moria-di-spugne-in-adriatico/>.
  7. Fassini, D. (2014). Coordinated phenomena in the marine demosponge *Chondrosia reniformis*: physiological, morphological, biomechanical and biochemical aspects, Università degli studi di Milano.
  8. Felician, F. F., Xia, C., Qi, W., & Xu, H. (2018). Collagen from marine biological sources and medical applications. *Chemistry & biodiversity*, 15(5), e1700557.
  9. Garrabou, J., & Zabala, M. (2001). Growth dynamics in four Mediterranean demosponges. *Estuarine, coastal and shelf science*, 52(3), 293-303.
  10. Gökalp, M., Kooistra, T., Rocha, M. S., Silva, T. H., Osinga, R., Murk, A. J., & Wijgerde, T. (2020). The effect of depth on the morphology, bacterial clearance, and respiration of the mediterranean sponge *Chondrosia reniformis* (Nardo, 1847). *Marine drugs*, 18(7), 358.

11. Gökalp, M., Wijgerde, T., Sarà, A., De Goeij, J. M., & Osinga, R. (2019). Development of an integrated mariculture for the collagen-rich sponge *Chondrosia reniformis*. *Marine drugs*, 17(1), 29.
12. Grati, F. (2016). Risultati delle azioni pilota per il ripopolamento di *Sepia officinalis* nella Regione Marche (Progetto ECOSEA). Regione Marche, Ismar, Adriatic Ipa.
13. IUCN. (2021). <http://www.iucn.it/liste-rosse-italiane.php>.
14. Luoni, O. (2009). Il mar Ligure. *BiologiaMarina.eu*. <http://www.biologiamarina.eu/MarLigure.html>.
15. Manconi, R., Ledda, F. D., Ortu, M. F., Serusi, A., Stocchino, G. A., Corso, G., & Pronzato, R. (2005). Spongicoltura integrata nell'AMP 'Capo Caccia-Isola piana': il caso di *Aplysina aerophoba* (Aplysinidae: Verongida). *Biologia Marina Mediterranea*, 12, 191-194.
16. Marche Region - Fisheries Economy Department. (2019). Dory – Project, Capitalization actions for Adriatic marine environment protection and ecosystem based management. Regione Marche.
17. Padiglia, A., Ledda, F. D., Cadeddu, B., Melis, P., & Manconi, R. (2014). Maricoltura di *Crambe crambe* (Schmidt, 1862) nel Mar di Sardegna/mariculture of *Crambe crambe* (Schmidt, 1862) in the Sardinia Sea. *Biologia Marina Mediterranea*, 21(1), 222.

18. Popescu, I. (2020). Multiannual plan for small pelagic fish stocks in the Adriatic Sea. European Parliamentary Research Service.
19. Pozzolini, M., Scarfi, S., Mussino, F., Salis, A., Damonte, G., Benatti, U., & Giovine, M. (2015). *Pichia pastoris* production of a prolyl 4-hydroxylase derived from *Chondrosia reniformis* sponge: A new biotechnological tool for the recombinant production of marine collagen. *Journal of biotechnology*, 208, 28-36.
20. R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
21. Relini, G., Relini, M., Palandri, G., Merello, S., & Beccornia, E. (2007). History, ecology and trends for artificial reefs of the Ligurian sea, Italy. In *Biodiversity in Enclosed Seas and Artificial Marine Habitats* (pp. 193-217). Springer, Dordrecht.
22. Schneider, C. A., Rasband, W. S., & Eliceiri, K. W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9(7), 671–675. doi:10.1038/nmeth.2089.
23. Sykes, A. V., Domingues, P., Andrade, J. P. (2014). European Cuttlefish, *Sepia officinalis*. Springer Aquatic Sciences. In *Cephalopod Culture* (pp.175 - 204).

## **RINGRAZIAMENTI**

Arrivato al momento conclusivo del mio percorso, culminato appunto con la stesura di questa tesi, sento di dover ringraziare alcune persone senza le quali non sarei riuscito a realizzare tutto questo. Ringrazio enormemente la mia famiglia, che mi ha sostenuto e incoraggiato in tutto il mio percorso universitario. Un grazie dal profondo del cuore va alla mia splendida fidanzata, che mi ha incoraggiato e sostenuto in ogni istante di questo mio percorso, aiutandomi sempre e comunque, incondizionatamente e credendo sempre in me. Ringrazio la mia relatrice, la Professoressa Barbara Calcinai, e il mio correlatore, il Professor Carlo Cerrano per avermi dato la possibilità di partecipare a questo importante progetto e per avermi guidato nella sua realizzazione. Ringrazio il dottorando Torcuato Pulido Mantas per avermi seguito passo dopo passo nell'attuazione del progetto e nella stesura della tesi. Grazie anche ai miei colleghi e compagni di corso, con i quali ho passato momenti bellissimi in questi due anni e che sono stati parte fondamentale di tutto questo. Concludendo, mi sento davvero fortunato ad aver avuto la possibilità di far parte di questo straordinario percorso che mi spalancherà le porte verso un futuro promettente.