



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

Corso di Laurea Magistrale in  
Biologia Marina

---

**CARATTERIZZAZIONE DELLE COMUNITA' EPIBENTONICHE DEL PARCO  
ARCHEOLOGICO SOMMERSO DI BAIA**

**EPIBENTHIC COMMUNITIES CHARACTERIZATION IN THE UNDERWATER  
ARCHAEOLOGICAL PARK OF BAIA MPA**

Tesi di

**Giuseppina Di Girolamo**

Relatore:

**Prof. Carlo Carrano**

Correlatore:

**Dott. Fabrizio Torsani**

**Sessione estiva**

**Anno Accademico 2018/2019**

# INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b><i>Are Marine protette</i> .....</b>	<b>4</b>
1.1.1	<i>Istituzione</i> .....	11
1.1.2	<i>Effetti protezione</i> .....	26
1.1.3	<i>I parchi archeologici sommersi</i> .....	29
1.1.4	<i>Il Parco di Baia</i> .....	33
<b>1.2</b>	<b><i>Cladocora caespitosa</i> .....</b>	<b>41</b>
<b>1.3</b>	<b><i>Scopo del lavoro</i> .....</b>	<b>42</b>
<b>2</b>	<b>MATERIALI E METODI .....</b>	<b>43</b>
<b>2.1</b>	<b><i>Area di studio</i> .....</b>	<b>43</b>
<b>2.2</b>	<b><i>Attività di campo</i> .....</b>	<b>45</b>
2.2.1	<i>Metodi di campionamento per la caratterizzazione biocenotica</i> .	45
2.2.2	<i>Metodo per la caratterizzazione della struttura di popolazione di Cladocora caespitosa</i> .....	47
2.2.3	<i>Fasi del campionamento</i> .....	47
2.2.4	<i>Elaborazione dei dati</i> .....	50

<b>3</b>	<b>RISULTATI.....</b>	<b>53</b>
<b>3.1</b>	<b><i>Caratterizzazione biocenotica delle pilae .....</i></b>	<b>53</b>
3.1.1	<i>Campionamento delle quattro pilae novembre 2016 .....</i>	55
3.1.2	<i>Campionamento delle quattro pilae novembre 2017 .....</i>	61
<b>3.2</b>	<b><i>Caratterizzazione della struttura di popolazione di Cladocora caespitosa .....</i></b>	<b>67</b>
3.2.1	<i>Caratterizzazione dello stato di salute di Cladocora caespitosa..</i>	67
3.2.2	<i>Caratterizzazione della popolazione di Cladocora caespitosa in relazione alle superfici medie delle colonie .....</i>	68
3.2.3	<i>Distribuzione di frequenza delle classi dimensionali delle colonie di Cladocora caespitosa .....</i>	69
<b>4</b>	<b>DISCUSSIONI E CONCLUSIONI .....</b>	<b>71</b>
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>79</b>

# 1 INTRODUZIONE

## 1.1 *Aree Marine protette*

Negli ultimi 150 anni l'espressione "cambiamenti climatici" ha assunto un significato differente: l'attuale accezione negativa, imputabile all'intervento dell'uomo, ha soppiantato la precedente definizione di tutti i mutamenti del clima dovuti a cause naturali. Con l'avvento della rivoluzione industriale l'impatto antropico sull'ambiente è diventato sempre più forte, fino ad arrivare alla quasi saturazione della disponibilità di risorse. La crescita esponenziale della popolazione mondiale a partire dagli anni '50 ad oggi, il crescente utilizzo dei combustibili fossili, l'avanzata massiccia dei campi coltivati che hanno preso il posto delle grandi foreste, con la conseguente desertificazione che riguarda circa il 47 % delle terre emerse, hanno indotto i capi del governo a concentrare l'attenzione mondiale sull'ambiente. Il problema dell'inquinamento atmosferico, dei mutamenti climatici, dello sfruttamento delle risorse (pesca, turismo, etc.), della distruzione degli habitat, e dell'introduzione di specie alloctone si riflette direttamente sugli oceani causando una progressiva perdita di biodiversità (Worm *et al.*, 2006), definita come "la varietà di tutti gli organismi viventi ed il complesso ecologico di cui fanno parte, gli ecosistemi terrestri, marini e altri ecosistemi acquatici; ciò

include la diversità genetica, la diversità tra le specie e tra gli ecosistemi” (Convenzione di Rio de Janeiro del 1992).

Alla luce della situazione delineata durante la stesura del Protocollo di Kyoto (1977), e data la difficoltà di renderne effettivi i provvedimenti, dal momento che necessitava la firma di oltre il 55% dei Paesi interessati, i rappresentanti di 22 Paesi hanno deciso di adottare dei provvedimenti specifici (Convenzione di Barcellona, 1977) per la salvaguardia del Mar Mediterraneo dall'inquinamento.

Il Mediterraneo è un bacino semi-chiuso, con una superficie di circa 2.51 milioni di Km<sup>2</sup> e una profondità media di circa 1500 m, mentre quella massima è approssimativamente di 5270 m presso la Fossa Calypso. La salinità media oscilla dal 36.2% al 39%. È collegato all'oceano Atlantico solo attraverso lo Stretto di Gibilterra, e risente della forte pressione antropica che si registra lungo tutte le sue coste: il processo di urbanizzazione che interessa soprattutto le zone litoranee, l'aumento dei traffici marittimi e l'enorme affluenza di turisti durante la stagione estiva, hanno portato ad una progressiva eutrofizzazione di uno dei mari più oligotrofici del pianeta, specialmente delle baie più chiuse e a ridosso dei grandi porti. L'apertura del Canale di Suez (1869) ha collegato le acque tropicali del Mar Rosso con il Mediterraneo sud-orientale per facilitare gli scambi commerciali; la

conseguenza collaterale è stata, dopo alcuni anni dall'apertura, l'inizio delle migrazioni *lessepsiane*, cioè l'ingresso di specie tropicali alloctone in esso che, in assenza di predatori, hanno colonizzato nicchie ecologiche precedentemente occupate dalle specie autoctone (Por, 1978). Le invasioni biologiche, la diffusione dell'acquacoltura nella zona costiera, e l'eccessivo sfruttamento del patrimonio ittico con modalità non sostenibili, sono state considerate le principali minacce agli ecosistemi marini del Mediterraneo (AEA, 1999; 2002): esse vanno infatti a minare l'alto grado di biodiversità che caratterizza il mar Mediterraneo, che in rapporto alla sua superficie ridotta, 0.8% della superficie totale degli oceani, ospita il 7.5% delle specie conosciute. Per preservare almeno le specie d'interesse commerciale sarebbe necessario porre sotto tutela almeno il 20% dei mari e degli oceani, mentre la quota attuale è dell'1% (Costanza *et al.*, 1998), tuttavia la comunità scientifica riconosce la necessità di preservare gli ambienti marini, nonostante le difficoltà che questo comporta: in mare non esistono infatti barriere fisiche che vanno a delimitare le responsabilità dell'una o dell'altra nazione, il che implica la necessità di stipulare accordi internazionali e gestire aree di grande estensione (Primarck *et al.*, 2003).

Ne consegue che la capacità di recupero degli oceani dalle perturbazioni globali e, quindi, la capacità di mantenere gli ecosistemi integri ed in buona

salute si sta sempre più indebolendo (Worm *et al.*, 2006). Per l'ambiente marino le principali minacce provengono per il 55% dalla pesca, per un'ulteriore 37% dalla degradazione degli habitat e per il restante 8% da diversi fattori quali l'inquinamento o l'introduzione di specie invasive (Gertwagen *et al.*, 2008). Il turismo subacqueo di massa spesso praticato in maniera non sostenibile unitamente ai fattori sopracitati sono considerati alla base del declino della biodiversità (Lubchenco *et al.*, 2003).

Per far fronte ai problemi causati direttamente e localmente dall'impatto antropico sull'ambiente costiero, l'istituzione di aree marine protette si rivela essere una misura efficace (AEA, 2000). Al loro interno sono regolamentate le attività antropiche al fine di preservare e tutelare l'ambiente meritevole di protezione. Anche se la conservazione della biodiversità e la ricerca scientifica rimangono gli obiettivi principali delle aree marine protette, l'utilizzo delle risorse da parte dell'uomo non può essere escluso dalla gestione di queste zone: il sostegno e l'appoggio della popolazione locale ricoprono infatti un ruolo di primaria importanza per il buon funzionamento delle riserve. La prima reazione delle persone, che si vedono improvvisamente private di una risorsa da sempre utilizzata, è una ferma opposizione all'area protetta, spesso con mezzi illegali quali la pesca subacquea e l'ancoraggio nelle zone di riserva integrale, o anche con atti

vandalici. Per risolvere questi conflitti, nati spesso dalla mancanza d'informazione e di coinvolgimento dell'opinione pubblica, la progettazione di una nuova area marina protetta deve includere anche i rappresentanti della popolazione locale, e rivolgere tutti gli sforzi necessari per promuovere una collaborazione, evidenziando anche i positivi sviluppi socio-economici che derivano dall'istituzione di un'area marina protetta. Solo così queste zone avranno successo e saranno appoggiate e rispettate dalla popolazione, senza più essere viste come strumenti coercitivi, ma al contrario come risorse da utilizzare consapevolmente (Cattaneo-Vietti *et al.*, 2007).

Le aree marine protette (AMP) sono definite come “*ambiente marino, dato dalle acque, dai fondali e dai tratti di costa prospicienti che presenta un rilevante interesse per le caratteristiche naturali, geomorfologiche, fisiche, biochimiche con particolare riguardo alla flora e alla fauna marine e costiere e per l'importanza scientifica, ecologica, culturale educativa ed economica che riveste*” (Cattaneo-Vietti *et al.*, 2007).

Le AMP nascono con lo scopo di conservare la biodiversità marina, mantenere la produttività e contribuire al benessere economico e sociale (Villa *et al.*, 2002). In particolare, esse si occupano da un lato di tutelare le specie e gli habitat marini e permettere il ripopolamento degli stock ittici in declino e dall'altro, di garantire un uso sostenibile delle risorse marine in



modo da assicurare una migliore qualità della vita delle comunità costiere (Pomeroy *et al.*, 2004).

Le aree costiere sono state soggette a drastiche alterazioni negli ultimi decenni, frutto delle crescenti attività turistiche, economiche e di urbanizzazione. Tra i vari sistemi di gestione proposti, anche nel Mediterraneo, quello dell'istituzione di AMP è stato riconosciuto come lo strumento di conservazione più efficace per far fronte al cambiamento senza precedenti degli ecosistemi marini, in modo da mitigare i suoi effetti (Jackson *et al.*, 2001; Lubchenco *et al.*, 2003; Roberts & Hawkins, 1999).

Così come nel Mediterraneo, anche in Italia il concetto di area marina nasce dal bisogno di garantire sia alla zona costiera che ai nostri mari una protezione adeguata contro i danni antropici provocati dall'urbanizzazione, dal turismo, dalla nautica da diporto e dalla pesca professionale e sportiva.

Al loro interno le attività antropiche sono regolamentate attraverso una suddivisione dell'area in zone a differente livello di protezione. Tale zonazione deriva dal compromesso tra i valori ambientali presenti, l'assetto del territorio costiero e l'eventuale presenza delle attività socio-economiche (turismo balneare, attività subacquee, trasporto marittimo, visite guidate, ecc.).

La *zona A*, di riserva integrale, è la più rilevante dal punto di vista ambientale. È il luogo con il grado di protezione più alto, e di conseguenza anche i divieti sono maggiori: al suo interno è proibita ogni attività che possa arrecare qualsiasi tipo di danno all'ambiente, come ad esempio la pesca, la navigazione, l'ancoraggio e la balneazione.

La *zona B*, di riserva generale, la cui funzione è creare un cuscinetto tra la riserva integrale e la riserva parziale, con il livello di protezione più basso. La *zona B* dovrebbe circondare la *zona A* ed evitare una brusca transizione da una *zona* all'altra. Le attività consentite sono ad esempio la navigazione a remi o a vela e le immersioni subacquee.

La *zona C*, di riserva parziale, al cui interno sono consentite, ma disciplinate la maggior parte delle attività, come ad esempio la pesca opportunamente regolamentata dall'Ente gestore, oppure l'ormeggio in zone attrezzate con appositi gavitelli. È la vera e propria *zona* di transizione, solitamente la più estesa, proprio per poter svolgere al meglio la sua funzione.

In casi rari esiste anche una *zona D*, di tutela speciale, che prevede una disciplina ancora meno restrittiva e volta a consentire o regolare determinate attività, in ragione di determinate esigenze di tutela (presenza di mammiferi marini, etc.).

### 1.1.1 Istituzione

Le aree marine protette sono dei luoghi di particolare interesse ambientale, che vengono preservati attraverso una serie di normative. Sono istituite ai sensi delle leggi n. 979 del 1982 *Disposizioni sulla difesa del mare* e n. 394 del 1991 *Legge quadro sulle aree protette* con un Decreto del Ministero dell'Ambiente che contiene la denominazione e la delimitazione dell'area, gli obiettivi e la disciplina di tutela a cui è finalizzata la protezione. Possono essere costituite da un ambiente marino avente rilevante valore storico, archeologico-ambientale e culturale.

L' iter legislativo per l'istituzione di una AMP viene indicato con l'articolo 18 della legge n. 394 del 6 dicembre 1991 secondo la seguente procedura:

#### 1. Individuazione delle “aree di reperimento”

In base all'articolo 2 comma 14 della legge n.426 del 1998, la Segreteria tecnica per le Aree Marine Protette, ha il ruolo di individuare aree marine di particolare interesse (aree di reperimento) da destinare ad aree protette. In particolare, la legge n. 979 del 1982 e la legge n.394 del 1991 hanno individuato rispettivamente 20 e 26 aree di reperimento, mentre la legge n.344 del 1997, la legge n.426 del 1998 e la legge n.93 del 2001 individuano ognuna una nuova area di reperimento da aggiungere all'elenco preesistente.

## 2. Istruttoria tecnica

Nell'ambito dell'elenco di aree di reperimento stabilito dalle leggi, per l'effettiva istituzione di un'area marina protetta occorre innanzitutto disporre di un aggiornato quadro di conoscenze sull'ambiente naturale d'interesse, oltre ai dati necessari sulle attività socio-economiche che si svolgono nell'area. Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Direzione Protezione della Natura, Servizio Difesa del Mare, per l'acquisizione di tali conoscenze e dati può anche avvalersi di istituti scientifici, laboratori ed enti di ricerca.

Gli studi sono generalmente distinti in due fasi:

- nella prima viene esaminata la letteratura già esistente sull'area;
- nella seconda fase vengono effettuati gli approfondimenti necessari per un quadro conoscitivo concreto ed esaustivo.

Successivamente gli Esperti della Segreteria tecnica per le Aree Marine Protette possono avviare l'istruttoria istitutiva. Al fine di delineare una proposta della futura area marina protetta, che ne rispetti le caratteristiche naturali e socio-economiche, gli Esperti della Segreteria tecnica per le Aree Marine Protette arricchiscono l'indagine conoscitiva fornita dagli studi con sopralluoghi mirati e con confronti sia con gli Enti che con le comunità locali. La definizione di perimetrazione dell'area (i confini esterni), la zonazione al suo interno (le diverse zone A, B e C), e la tutela operata attraverso i diversi

gradi di vincoli nelle tre zone, sono parte dello schema di decreto istitutivo redatto alla fine dell'istruttoria.

### 3. Adozione del Programma triennale per le aree naturali protette

La Conferenza Stato-Regioni, previo parere della Consulta tecnica per le aree protette e sulla base delle indicazioni dell'articolo 1 della legge n. 979 del 1982, adotta il Programma triennale per le aree naturali protette, elaborato dal Ministero dell'Ambiente, che indica i territori oggetto del sistema di aree protette (interesse regionale, nazionale ed internazionale), i termini per l'istituzione di nuove aree, ampliamento o modifica di quelle esistenti, individuando la delimitazione di massima e definendo la ripartizione delle disponibilità finanziaria per ciascuna area e per ciascun esercizio (articolo 4 della legge n.394 del 1991). Quindi sullo schema di decreto vengono sentiti la regione e gli enti locali interessati dall'istituenda area marina protetta, per il conseguimento di un concreto ed armonico consenso locale.

### 4. Presentazione della proposta di istituzione

L'articolo 18 della legge n.394 del 1991 prevede che un'area protetta marina sia istituita con Decreto del Ministro dell'ambiente (d'intesa con il Ministro del tesoro), sulla base delle indicazioni del Programma triennale per le aree naturali protette (PTAP, articolo 4 della legge n.394 del 1991) ed in riferimento all'elenco delle aree marine di reperimento. La proposta di

istituzione, inserita nel PTAP, è presentata alla Conferenza Stato-Regioni (legge n.281 del 1997), che delibera in merito all'istituzione dell'area stessa e dispone i fondi necessari per il finanziamento di programmi e progetti di investimento per le aree marine protette.

#### 5. Istituzione

A questo punto, il Ministro dell'ambiente, d'intesa con il Ministro del tesoro, procede all'effettiva istituzione dell'area marina protetta, autorizzando anche il finanziamento per far fronte alle prime spese relative all'istituzione (articolo 18 della legge n. 394 del 1991 e articolo 8 della legge n.93 del 2001). Il Decreto Ministeriale, se non diversamente specificato, entra in vigore il giorno successivo dalla pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale.

Il Decreto Istitutivo per l'Area Marina Protetta prevede:

- la determinazione delle aree marittime e di demanio marittimo costituenti la superficie delle aree stesse;
- le finalità di carattere scientifico, culturale, economico ed educativo per la cui realizzazione è istituita l'area protetta;
- i programmi di studio e di ricerca scientifica nonché di valorizzazione da attuarsi nell'ambito dell'area;

- la regolamentazione dell'Area Marina Protetta con la specificazione delle attività oggetto di divieto o di particolari limitazioni o autorizzazioni.

Il decreto identifica anche l'Ente di gestione, individuato in base all'articolo 19 comma 2 della legge n.394 del 1991: la gestione delle aree protette marine, ai sensi della normativa vigente, è affidata ad enti pubblici, istituzioni scientifiche o associazioni ambientaliste riconosciute. Se l'area protetta marina è istituita in acque confinanti con un'area protetta terrestre statale, la gestione è affidata al soggetto individuato per la gestione dell'area terrestre.

#### 6. Stipula della Convenzione

Il Ministero dell'ambiente stipula la convenzione con l'Ente di gestione individuato.

#### 7. Approvazione del Regolamento di gestione

Il Ministro dell'ambiente decreta l'approvazione del regolamento di gestione, sentiti gli Enti locali interessati, l'Ente gestore e il parere della Consulta per la difesa del mare dagli inquinamenti, così come previsto dall'articolo 28 della legge n.979 del 1982 e come modificato dall'articolo 19 della legge n.394 del 1991. Gli stessi articoli indicano che la sorveglianza nelle aree protette è esercitata dalle Capitanerie di porto, mentre la vigilanza è assicurata dal Ministero dell'ambiente.

## 8. Trasferimento di fondi ed avvio della gestione

Il Ministero dell'ambiente trasferisce i fondi assegnati per il funzionamento dell'area protetta e l'Ente gestore avvia la gestione della stessa.

Attualmente l'Italia vanta una posizione di leadership, a livello europeo, nella tutela del mare, sia per numero di aree protette e sia per superficie protetta. Le aree istituite sono 30:

- 27 aree marine protette;
- 2 parchi sommersi;
- 1 santuario internazionale.

La superficie di mare tutelato ammonta ad oltre 220000 ettari in acque territoriali italiane, a cui vanno aggiunti 8700000 ettari di superficie occupati dall'imponente Santuario dei mammiferi marini.





*Figura 1 - Distribuzione delle AMP istituite in Italia. Fonte: Ministero dell'ambiente del Territorio e della Tutela del Mare.*

L'area del bacino del Mar Tirreno raccoglie il numero maggiore di aree marine protette e, in particolare, la Regione Campania vanta quattro aree marine protette e due parchi sommersi, Baia e Gaiola (fig. 1).

In contrapposizione, tre Regioni italiane quali l'Emilia Romagna, il Veneto e le Marche pur affacciandosi sul mare risultano, ancora oggi, prive di queste Istituzioni.

Di seguito, si riporta in ordine cronologico di istituzione, l'elenco delle AMP, indicando: Amministrazioni interessate, Leggi, provvedimenti istitutivi e soggetti gestori.

*Tabella 1 - Elenco delle caratterizzazioni amministrativo/funzionali delle AMP italiane*

N.	AMP	Regione e Provincia	Comuni	Leggi e decreti istitutivi	Ente gestore
1	Isola di Ustica	Sicilia, PA	Ustica	L. 979/1982 DMI 12/11/1986 DM 30/08/1990 DM 24/05/2012	Comune di Ustica
2	Miramare	F.V. Giulia, TS	Trieste	L. 979/1982 DMI 12/11/1986 DM 26/05/2009	WWF Italia
3	Isole Tremiti	Puglia, FG	Isola Tremiti	L. 979/1982 DMI 14/07/1989 DPR 05/06/1995	Ente Parco Nazionale del Gargano
4	Isole Ciclopi	Sicilia, CT	Aci Castello	L. 979/1982 DMI 07/12/1989 DM 07/05/1996 DM 09/11/2004	Consorzio Isole dei Ciclopi, costituito tra il Comune di Aci Castello ed il <a href="#">C.U.T.G.A.N.A.</a> dell'Università di Catania
5	Torre Guaceto	Puglia, BR	Brindisi e Carovigno	L. 979/1982 DMI 04/12/1991	Consorzio di gestione tra i Comuni

				DM 26/01/2009	interessati e WWF for Nature ONLUS
6	Isole Egadi	Sicilia, TP	Favignana	L. 979/1982 DMI 07/12/1991 DM 06/08/1993 DM 17/05/1996 DM 01/05/2010	Comune di Favignana
7	Capo Rizzuto	Calabria, KR	Crotone e Isola Capo Rizzuto	L. 979/1982 DMI 27/12/1991 DM 19/02/2002	Provincia di Crotone
8	Isole di Ventotene e di Santo Stefano	Lazio, LT	Ventotene	L. 979/1982 DMI 12/12/1997 DM 18/04/2014	Comune di Ventotene
12	Punta Campanella	Campania, NA e SA	Massa Lubrense, Piano di Sorrento, Positano, Sant' Agnello, Sorrento e Vico Equense	L. 979/1982 DMI 12/12/1997 DM 13/06/2000 DM 30/07/2010	Consorzio di gestione tra i comuni interessati c/o Comune di Massa Lubrense
13	Penisola del Sinis – Isola di Mal di Ventre	Sardegna, OR	Cabras	L. 979/1982 DMI 12/12/1997 DM 22/07/1999 DM 06/09/1999 DM 17/07/2003 DM 20/07/2011 DM 24/02/2015	Comune di Cabras
14	Portofino	Liguria, GE	Portofino, Camogli e S. Margherita Ligure	L. 979/1982 DMI 06/06/1998 DM 26/04/1999 DM 01/07/2008	Consorzio di gestione formato da: Provincia di Genova, Comune di Camogli, Comune di Portofino, Comune di S.Margherita Ligure,

					Università di Genova
15	Capo Carbonara	Sardegna, CA	Villasimius	L. 394/1991 DMI 15/09/1998 DM 03/08/1999 DM 07/02/2012 DM 12/05/2017	Comune di Villasimius
16	Secche di Tor Paterno	Lazio, RM	Roma	L. 394/1991 DMI 29/11/2000 DM 16/09/2014	Ente Roma Natura
17	Isole Pelagie	Sicilia, AG	Lampedusa	L. 979/1982 DMI 21/10/2002 DM 16/09/2014	Comune di Lampedusa e Linosa
18	Capo Gallo – Isola delle Femmine	Sicilia, PA	Palermo e Isola delle Femmine	L. 979/1982 DMI 24/7/2002	Provincia di Palermo, Comune di Isola delle Femmine, Dipartimento Regionale Azienda Regionale Foreste Demaniali
9	Cinque Terre	Liguria, SP	Riomaggiore e, Levanto, Vernazza e Monterosso o	L. 979/1982 DMI 12/12/1997 DM 09/11/2004 DM 20/07/2011 DM 24/02/2015	Parco Nazionale delle Cinque Terre
10	Porto Cesareo	Puglia, LE	Porto Cesareo, Nardò	L. 979/1982 DMI 12/12/1997 DM 09/12/2009	Consorzio di gestione tra la Provincia di Lecce e i Comuni interessati
11	Tavolara- Punta Coda Cavallo	Sardegna, SS e NU	Olbia, Loiri	L. 979/1982 DMI 12/12/1997 DM 28/11/2001 DM 03/12/2014	Consorzio di Gestione formato da: Comune di Loiri - Porto San Paolo, Comune di Olbia, Comune di San

					Teodoro
19	Capo Caccia – Isola Piana	Sardegna, SS	Alghero	L. 979/1982 DMI 20/9/2002	Comune di Alghero
20	Isola Asinara	Sardegna, SS	Porto Torres	L. 394/1991 DMI 13/08/2002 DPR 03/10/2002 DM 30/07/2009	Ente Parco Nazionale dell'Asinara
21	Plemmirio	Sicilia, SR	Siracusa	L. 93/2001 DMI 15/9/2004 DM 21/09/2005 DM 26/01/2009	Consorzio Plemmirio (Provincia regionale di Siracusa e Comune di Siracusa)
22	Bergeggi	Liguria, SV	Bergeggi	L. 394/1991 DMI 07/05/2007 DM 13/10/2008	Comune di Bergeggi
23	Regno di Nettuno (Ischia, Vivara e Procida)	Campania, NA	Casamicciola Terme, Lacco Ameno, Barano d'Ischia, Ischia Porto, Serrara Fontana, Forio e Procida	L. 394/1991 DMI 27/12/2007 DM 10/04/2008 DM 30/07/2009	Consorzio di gestione provvisoria tra i comuni interessati c/o Comune di Forio
24	S. Maria di Castellabate	Campania, SA	Castellabate	L. 394/1991 DMI 21/10/2009 DM 28/07/2009 DM 09/04/2015	Ente Parco nazionale del Cilento e Vallo di Diano
25	Costa degli Infreschi e della Massetta	Campania, SA	Marina di Camerota, San Giovanni a Piro	L. 394/1991 DMI 21/10/2009 DM 28/07/2009 DM 09/04/2015	Ente Parco nazionale del Cilento e Vallo di Diano
26	Secche della Meloria	Toscana, LI	Livorno	L. 979/1982 DMI 21/10/2009 DM 28/07/2009 DM 18/04/2014	Parco regionale del Parco naturale di Migliarino, San Rossore e

				DM 18/07/2016	Massaciuccoli
27	Torre del Cerrano	Abruzzo, TE	Pineto e Silvi	L. 344/1997 DMI 21/10/2009 DM 28/07/2009 DM 12/01/2017	Consorzio Co.Ges A.M.P. Torre del Cerrano

All'elenco in tabella 1 vanno aggiunti i parchi sommersi e il Santuario dei mammiferi marini così come mostrati nelle tabelle 2 e 3.

*Tabella 2 - Elenco delle caratterizzazioni amministrativo/funzionali dei Parchi sommersi italiani*

N.	Parco sommerso	Regione e Provincia	Comuni	Leggi e decreti istitutivi	Ente gestore
1	Parco sommerso di Baia	Campania, Napoli	Bacoli	L. 388/2000 DMI 07/08/2002	Soprintendenza beni archeologici Province Napoli e Caserta
2	Parco sommerso di Gaiola	Campania, Napoli	Napoli	L. 388/2000 DMI 07/08/2002	Soprintendenza beni archeologici Province Napoli e Caserta

Allo scopo di essere completi nell'illustrazione dello scenario AMP italiano, nella tabella che segue (tabella 3) sarà riportato il Santuario dei Mammiferi marini: unica area marina di tutela internazionale.

Il Santuario dei Cetacei, istituito in Italia dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, con il nome di Santuario per i mammiferi

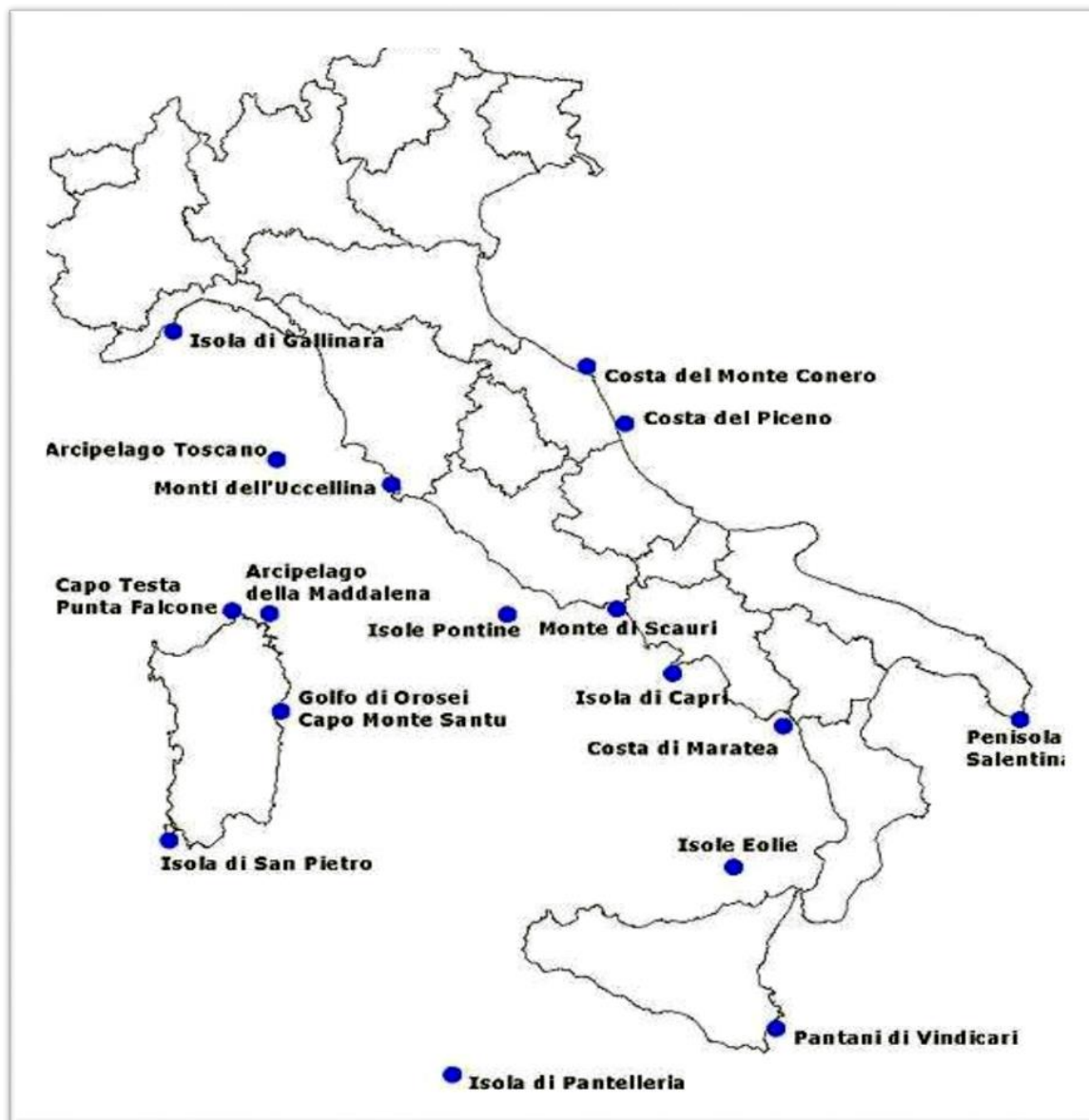
marini e noto in Francia come Santuario Pelagos, è un'area marina protetta compresa del territorio francese, monegasco ed italiano, classificata come Area Specialmente Protetta di Interesse Mediterraneo.

*Tabella 3 - Elenco delle caratterizzazioni amministrativo/funzionali dell'AMP di tutela internazionale*

N.	Area marina di tutela internazionale	Regione	Iter istitutivo	Ente gestore
1	Santuario dei Mammiferi marini	Sardegna, Liguria e Toscana	L. 426/1998 Accordo di Roma 25/11/1999 L. 391/2001 ratifica	Comitato di Pilotaggio

Le aree marine protette di prossima istituzione sono le aree di reperimento per le quali è in corso l'iter tecnico amministrativo. Tale iter è previsto per le aree comprese nell'elenco delle 48 Aree di reperimento indicate dall'articolo 31 della legge n. 979 del 1982 e dall'articolo 36 della legge n. 394 del 1991.

Delle 48 Aree di reperimento, 27 sono state istituite (fig. 1) e altre 17 sono di prossima istituzione (fig. 2).



*Figura 2 - Distribuzione delle AMP di prossima istituzione in Italia. Fonte: Ministero dell'ambiente del Territorio e della Tutela del Mare.*

In aggiunta, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, individua cinque nuove aree marine meritevoli di tutela per le quali non



è ancora iniziato alcun iter amministrativo di tutela per l'istituzione e definite genericamente "aree marine di riferimento" (fig. 3).



*Figura 3 - Distribuzione delle AMP di riferimento. Fonte: Ministero dell'ambiente del Territorio e della Tutela del Mare.*

### 1.1.2 *Effetti protezione*

Le AMP sono spesso considerate come un importante strumento di gestione per affrontare problemi quali la perdita della biodiversità (Jackson *et al.*, 2001; Roberts & Hawkins, 2000) e l'alterazione della struttura trofica degli ecosistemi (Alcala *et al.*, 2005; Jackson *et al.* 2001; Pauly *et al.*, 1998).

Il fine delle AMP, non è solo quello di proteggere gli ambienti sensibili e le specie minacciate, ma è anche quello di contribuire all'incremento della produttività delle aree di pesca evitando fenomeni di sovra sfruttamento delle risorse a livello locale, promuovere uno sviluppo sostenibile nonché permettere la creazione di nuove attività e posti di lavoro, tra cui: i diving center, le agenzie turistiche, i charter nautici, la pesca turismo, le strutture turistiche in generale, le agenzie per l'organizzazione di visite guidate, ecc. (Cattaneo-Vietti, 2007).

Tuttavia, le popolazioni locali rifiutano l'istituzione di aree marine protette, poiché le riserve vengono viste come fonti di divieti e limitazioni soprattutto in termini di guadagno (Cattaneo-Vietti & Tunesi, 2007).

Nel dibattito sui vantaggi derivanti dall'istituzione di aree marine, biologi ed ecologi concordano nel considerare le AMP uno strumento in grado di migliorare le condizioni ecologiche all'interno dei propri confini (Halpern, 2003).

L'istituzione di un'AMP può provocare diversi cambiamenti alla comunità ittica, indicati complessivamente come effetto riserva, cioè l'aumento di densità, di abbondanza, di taglia media e di biomassa, in particolare delle specie bersaglio della pesca (Francour, 1994), all'interno della zona di riserva in confronto ad aree di controllo aperte alla pesca (Guidetti, 2002). L'aumento di taglia implica un aumento della potenzialità di produzione di uova e larve da parte dei riproduttori (Kellner *et al.*, 2007), all'interno dell'AMP. Quando all'interno della riserva la densità di pesce diventa elevata, determinando un sovraffollamento delle aree protette e quindi di conseguenza una limitazione degli spazi/risorse a disposizione, una parte di questi tende ad allontanarsi dai confini dell'AMP (Harmelin-Vivien *et al.*, 2008). La conseguenza di questo fenomeno è che al di fuori della riserva si può registrare un aumento dell'abbondanza degli individui, a vantaggio dei rendimenti della piccola pesca locale (White *et al.*, 2008). L'*export* di esemplari giovanili e la migrazione di pesci adulti al di fuori della riserva è chiamato "effetto *spillover*". Il sovraffollamento può anche favorire l'insorgenza di interazioni territoriali. (Abesamis & Russ, 2005; Mumby & Wabnitz, 2002).

È importante però mantenere un equilibrio tra i livelli trofici regolamentando la pesca, poiché ogni specie ha una precisa funzione all'interno dell'ecosistema: lo sfruttamento intensivo delle risorse ittiche può causare una

cascata trofica, andando a rimuovere i predatori apicali e alterando di conseguenza la struttura dell'intera comunità (Steneck, 1997). Le AMP possono contribuire non solo ad un recupero delle popolazioni di specie bersaglio, ma anche ad un ripristino delle loro funzioni ecologiche ed un recupero a livello delle intere comunità (Cattaneo-Vietti *et al.*, 2011).

Gli effetti di protezione possono variare in base alla località geografica, alle caratteristiche delle specie, al tipo di comunità presenti all'interno di tali aree e alle caratteristiche dell'area marina protetta come: anni di protezione, località, schema di zonazione, regolamentazione, dimensioni e habitat protetti (Guidetti *et al.*, 2008; Guidetti & Sala, 2007; Halpern, 2003; Halpern & Warner, 2003; Micheli *et al.*, 2004).

Per tutelare simultaneamente specie e habitat, le AMP dovrebbero garantire la stabilità dei processi fondamentali che sostengono la diversità biologica supportando la resilienza delle comunità marine rispetto al sovra sfruttamento umano e ai cambiamenti climatici (Ledlie *et al.*, 2007).

Le aree marine protette, se associate ad altri strumenti di gestione, come la gestione basata sugli ecosistemi (Ecosystem-based Management, EBM), diventano uno strumento fondamentale per la conservazione dell'intero ecosistema marino costiero (Christie *et al.*, 2002; Cicin-Sain & Belfiore, 2005).

### 1.1.3 *I parchi archeologici sommersi*

Con l'approvazione, nel 1982, del Protocollo aggiuntivo sulle aree marine specialmente protette alla Convenzione di Barcellona del 1976 sulla protezione del Mediterraneo, viene espressa una maggiore sensibilità verso il patrimonio archeologico.

Per “parco archeologico”, secondo la definizione adottata per la prima volta nel Testo Unico e poi riproposta dal Codice, si intende un “*ambito territoriale caratterizzato da importanti evidenze archeologiche e dalla compresenza di valori storici, paesaggistici o ambientali, attrezzato come museo all'aperto in modo da facilitarne la lettura attraverso itinerari ragionati e sussidi didattici*”.

In Italia, la Regione che ospita gli unici due parchi sommersi è la Campania. Si tratta del Parco sommerso di Gaiola e del Parco sommerso di Baia, entrambi equiparati alle Aree Marine Protette, ma istituiti ai sensi dell'articolo 114, comma 10, della legge n. 388 del 2000 (Legge finanziaria 2001) con decreto del Ministro dell'ambiente, di concerto con i Ministri per i beni e le attività culturali, dei trasporti e della navigazione e delle politiche agricole e forestali e di intesa con la regione Campania.

Risale al 2002 l'istituzione della più piccola AMP d'Italia: il Parco sommerso di Gaiola. Situata nella città di Napoli, sulla costa della collina di Posillipo,

che negli anni '40 ha vissuto un forte processo di urbanizzazione, trasformandola nell'attuale zona residenziale.



*Figura 4 - Isolotti della Gaiola e strutture archeologiche sommerse. Zona A.*

L'importanza di quest'AMP non è data esclusivamente dal suo patrimonio ambientale: ad esso si aggiunge, infatti, la presenza di reperti archeologici di epoca romana e la particolarità dei fenomeni vulcanologici che si possono osservare, trovandosi a ridosso della caldera dei Campi Flegrei (Cole *et al.*, 1994). Ci sono qui le evidenti tracce del bradisismo, un ciclico innalzamento e abbassamento del suolo apprezzabile su un periodo di secoli, che ha portato le strutture romane al di sotto del livello del mare (Parascandola, 1947). A circa 3 metri di profondità è possibile osservare le antiche peschiere, vasche predisposte all'allevamento ittico, con ingegnosi meccanismi di chiuse e grate

per trattenere i pesci all'interno; camminamenti per collegarle alla terra ferma, resti delle *pilae* dell'antico porto e ninfei afferenti alla villa *d'otium* del Pausilypon, fatta erigere dal Cavaliere romano Publio Vedio Pollione nel I Sec. a.C. Sono presenti inoltre due grandi murenari scavati nel tufo del versante est degli isolotti. L'intera superficie dell'AMP è di soli 41.6 ettari, di forma triangolare con il vertice a largo. Il Parco sommerso di Gaiola, a differenza della maggior parte delle aree marine protette italiane, è suddiviso in solo due zone: la "zona A", di riserva integrale, e la "zona B", di riserva generale.

La zona di riserva integrale comprende i due isolotti della Gaiola e il patrimonio archeologico sommerso, totalmente colonizzato da organismi animali e vegetali, che in esso hanno trovato rifugio.

Per cercare di venire incontro alle esigenze della popolazione, la balneazione in questa zona è tollerata, ma regolamentata mediante un controllo da terra all'ingresso. È consentito l'ingresso a 100 persone contemporaneamente, tramite un sistema di pass personali che vengono consegnati all'uscita, permettendo così l'accesso di nuove persone. Sono invece vietate in questa zona la pesca e la navigazione.

La zona B, circonda la zona di riserva integrale e delimita i confini dell'AMP, non essendoci una zona C. Comprende il tratto di costa da Punta Cavallo al

molo di Marechiaro, mentre la Meda della Cavallara è il vertice del triangolo in mare. In questa zona sono vietate la pesca subacquea e l'ancoraggio, fattore che in passato, insieme alla pesca a strascico, ha determinato la completa distruzione della prateria di *Posidonia oceanica* (Simeone *et al.*, 2010).

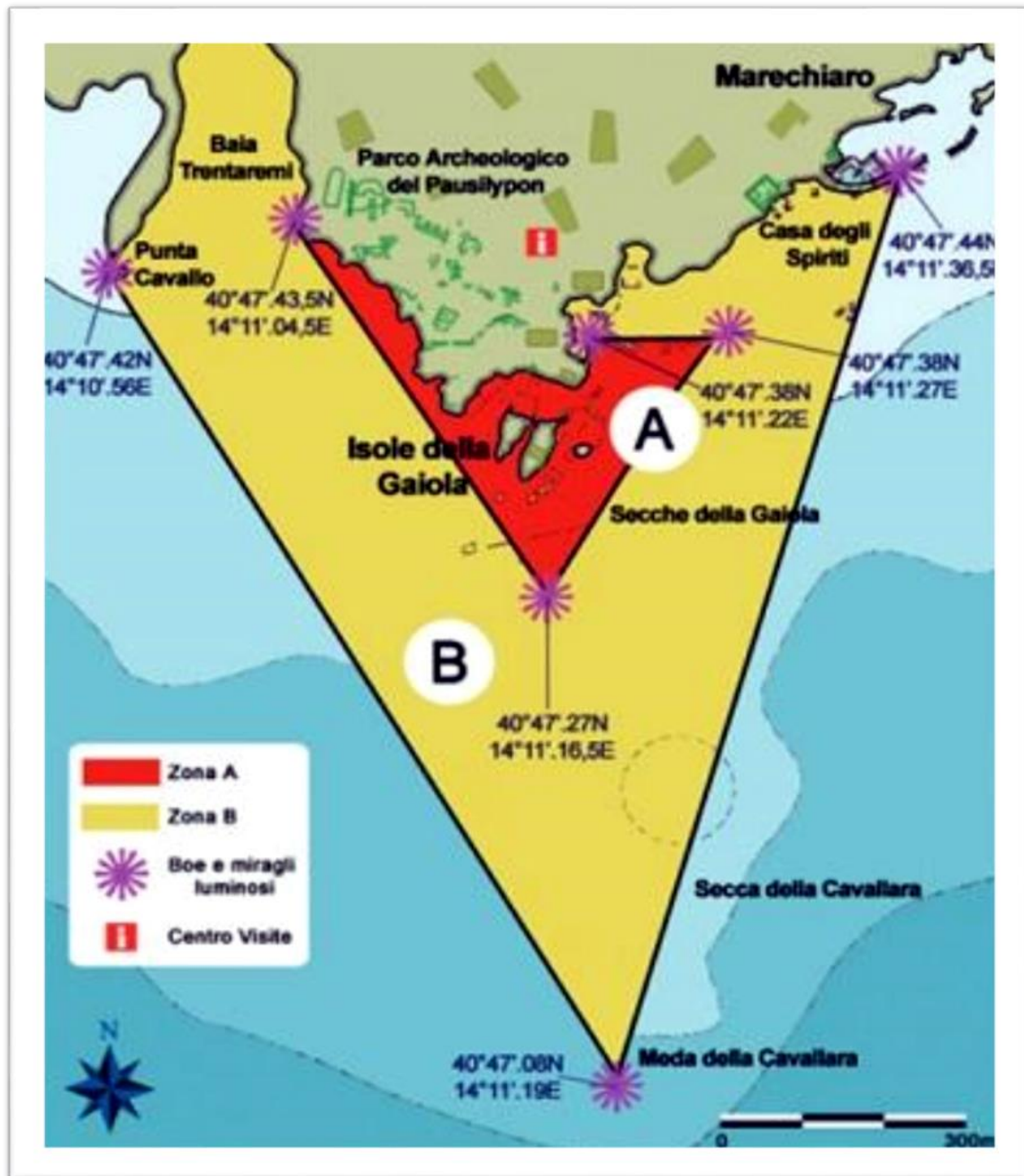


Figura 5 - AMP Parco Sommerso di Gaiola. Zonazione.



I due versanti dell'AMP, quello di ponente e quello di levante sono differenti tra loro: nel primo troviamo la baia Trentaremi, un paesaggio caratterizzato da alte falesie di tufo giallo nel quale sono scavate le omonime grotte, cave di tufo di epoca romana che hanno fornito il materiale di costruzione della villa soprastante (Simeone & Masucci, 2009) All'interno della baia delle emissioni gassose sottomarine (fumarole) sono l'ennesima testimonianza dell'attività vulcanica della zona. Procedendo verso est il paesaggio cambia: la costa non è più alta e scoscesa, bensì digrada dolcemente verso il mare, ed è qui l'accesso da terra dell'AMP. Più a largo il fondale è caratterizzato dalla presenza del banco roccioso della Cavallara, che si estende fin oltre i confini dell'AMP, dove domina la biocenosi coralligena.

#### 1.1.4 *Il Parco di Baia*

La caldera dei Campi Flegrei è un'ampia zona vulcanica posta a nord-ovest della città di Napoli e costituita da una depressione quasi circolare punteggiata da numerosi coni vulcanici. Definita come una struttura a nido (Orsi *et al.*, 1996) si è formata circa 47000 anni fa dalla fusione della vecchia caldera campana di Ignimbrite con la giovane caldera napoletana di tufo giallo. Dopo la formazione di ogni caldera, l'attività vulcanica è stata confinata all'interno dell'area collassata. Negli ultimi 12000 anni l'attività di

questo enorme vulcano è stata molto intensa tanto da creare il pavimento della caldera e a testimonianza dell'attività della zona si è verificata l'eruzione del 1538 e i recenti episodi del 1969-1972 e 1982-1984, senza contare poi la costante attività di fumarole e getti caldi che è presente in tutta la zona flegrea (DI Vito *et al.*, 1999).

In questa zona esiste il fenomeno del bradisismo - un innalzamento (bradisismo positivo) o abbassamento del livello del suolo (bradisismo negativo) - relativamente lento sulla scala dei tempi umani ma molto veloce rispetto ai tempi geologici. A volte, come accade nei Campi Flegrei tali movimenti possono ripetersi in maniera ciclica in un periodo relativamente breve. Generalmente tale fenomeno è dovuto a variazioni di volume di una camera magmatica vicina alla superficie che si svuota e si riempie, o anche a variazioni di calore che influiscono sul volume dell'acqua contenuta nel sottosuolo molto poroso (Orsi *et al.*, 1996). Il parco archeologico sommerso di Baia è compreso nei Campi Flegrei. La bellezza del territorio, il clima mite e la ricchezza di benefiche acque termali, hanno fatto dell'antica "Baiae" (il cui nome, secondo la leggenda, deriva da Bajos, il nocchiere di Ulisse, che qui fu sepolto), sin dal I sec. d.C., luogo di delizie e residenza di villeggiatura ambita dall'aristocrazia romana. Questa località era molto amata soprattutto da Domiziano, da Claudio, da Nerone, Cicerone e Seneca. L'antica fascia

costiera, a causa del bradisismo, ha subito nel corso del tempo uno sprofondamento di circa 14 metri con la conseguente immersione di tutti gli edifici di epoca romana (Maione V., 2016). I primi ritrovamenti di reperti archeologici avvennero negli anni venti, dove, in occasione dell'ampliamento della banchina del porto di Baia, hanno portato alla luce sculture, elementi architettonici e anfore pregiate con bolli imperiali. Solo nel 2002 però, il 7 agosto, venne istituito il Parco Archeologico Sommerso di Baia ed equiparato ad Area Marina Protetta. La gestione provvisoria del parco sommerso è stata affidata alla soprintendenza per i beni archeologici di Napoli e Caserta. Il parco, situato a ovest del golfo di Napoli tra capo Miseno e il golfo di Pozzuoli, è diviso in tre zone: riversa integrale(a), generale (b), e parziale (c), per una estensione totale di 177 ettari (fig. 6).



Figura 6 - Localizzazione spaziale della planimetria con zonizzazione del Parco archeologico sommerso di Baia.

Nel Parco archeologico sommerso sono stati individuati cinque siti di immersione:

1) *Il Ninfeo Sommerso di Claudio*

Nella zona A del Parco, dinanzi la Punta dell'Epitaffio, si trovano i resti di un palazzo appartenuto all'imperatore Claudio, in origine esteso anche alle sovrastanti balze collinari. Era stato costruito alla base del costone e ad un livello più basso rispetto agli edifici circostanti, per rendere meglio l'idea di una grotta naturale, con chiara allusione alla grotta di Polifemo.

Il Ninfeo di Claudio è un edificio di forma rettangolare, con quattro nicchie per ogni lato lungo, in cui erano posizionate delle statue, di cui il mare ne ha restituite solo quattro:

- due statue rappresentano “*Dioniso fanciullo*” (dio del vino, dell’estasi e della liberazione dei sensi);
- una statua di una bambina, “*Octavia Claudia*” (figlia di Claudio morta in giovane età);
- una statua rappresentante “*Antonia Minore*”, madre dell’imperatore Claudio.

Nell’abside si possono ammirare le statue di “*Ulisse con una coppa*” ed il compagno “*Baios con l’otre*”, rappresentative dell’episodio omerico di Ulisse che ubriaca Polifemo.



Figura 7 - Statue presenti nel Ninfeo sommerso di Claudio. Foto di Pasquale Vassallo.

Le statue sono delle copie ricollocate nelle loro sedi, mentre le originali si trovano all'interno del Museo Archeologico dei Campi Flegrei.

In questo sito d'immersione, oltre alle statue, si possono ammirare anche la *Via Herculanea*, la strada leggendaria tracciata da Ercole per far transitare la mandria dei buoi rapiti al mostruoso Gerione; il complesso termale di età neroniana con l'ambiente absidato del *calidarium*, *tepidarium* e *frigidarium*.

## 2) *Villa dei Pisoni*

Sempre nella zona A del Parco si colloca anche la Villa dei Pisoni. L'attribuzione di queste strutture alla villa della *gens* dei Pisoni è stata possibile grazie al ritrovamento di una *fistula aquaria* (una tubatura dell'acqua) che riportava il nome di colui che commissionò il lavoro: Lucio Calpurnio Pisone.

La struttura si articola intorno ad un ampio giardino quadrangolare delimitato da un portico e da corridoi. Lungo un lato del giardino è possibile ammirare il complesso termale, mentre dall'altro lato vi sono una serie di stanze di servizio che conducono alla parte marittima della casa con ampie vasche per l'allevamento dei pesci.

### 3) *Villa Protiro*

Anch'essa presente nella zona A, la villa prende il nome dalla caratteristica entrata marcata da un breve avancorpo con due colonne e relativa trabeazione. Si tratta di un complesso monumentale che rappresenta la struttura urbana dell'antica Baia: una strada sulla quale si affacciano una serie di taverne e una villa privata, con diverse stanze. Un ambiente molto interessante di questa villa è ornato da un mosaico a tessere bianche e nere che creano un motivo geometrico di esagoni e pseudo emblema con cerchi e pelte. Tale mosaico è divenuto il simbolo del Parco archeologico sommerso di Baia nel mondo.



*Figura 8 - Mosaico presente nel sito d'immersione Villa Protiro.*

#### 4) *Portus Julius*

Portus Julius fu commissionato nel 37 a.C. da Marco Vipsanio Agrippa durante la guerra civile tra Ottaviano e Sesto Pompeo. La grandiosa struttura portuale, adibita ad arsenale della flotta di Miseno era collegata attraverso un canale navigabile ai laghi di Lucrino e D'verno.

Abbandonato militarmente a causa dell'insabbiamento dovuto al bradisismo, il porto fu ampliato e trasformato in un complesso commerciale con magazzini e botteghe. È possibile ammirare in questo sito d'immersione pavimentazioni di marmo e mosaici di vario genere, tra cui un mosaico in cacciopesto dal caratteristico colore rosato adornato con fiorellini bianchi, il cui centro è di colore bianco.

#### 5) *Secca delle Fumose*

Questo sito di immersione, situato nella zona C, verrà trattato nel prossimo capitolo, in quanto area di studio in cui sono stati svolti i campionamenti.



## 1.2 *Cladocora caespitosa*

*Cladocora caespitosa* (Linnaeus, 1767) è una madrepora appartenente al phylum Cnidaria, classe Anthozoa, sottoclasse Hexacorallia, ordine Scleractinia, famiglia Favidae, genere *Cladocora*.

È l'unica madrepora coloniale zooxanthellato obbligata originaria del Mar Mediterraneo (Zibrowius, 1980). Da vivo presenta polipi di colore marrone chiaro, la forma di crescita è facelloide ovvero i singoli polipi che compongono la colonia non sono a contatto tra di loro, questi sviluppano un endoscheletro calcareo con simmetria esamera primitiva (corallite), di forma tubulare con un diametro di 5 mm circa. Lo scheletro si accresce verticalmente per la deposizione continua di carbonato di calcio. Questo corallo genera colonie di forma emisferica con diametro fino a 30 centimetri (Bressan *et al.*, 2009). Con una produzione di carbonato fino a 12.8 kg x m<sup>2</sup> x y<sup>-1</sup> questo corallo può essere considerato come uno dei più importanti organismi costruttori di strutture carbonatiche nel Mar Mediterraneo (Peirano *et al.*, 2001).

*C. caespitosa* è tra le specie bentoniche che sono state frequentemente colpite da mortalità legate al clima nel Mar Mediterraneo (Perez *et al.*, 2000; Rodolfo-Metalpa *et al.*, 2005; Garrabou *et al.*, 2009; Kersting & Linares, 2009). Oltre ai cambiamenti climatici, sono stati segnalati altri impatti sulla

*minaccia C. caespitosa*, incluse le specie algali invasive (Kružić & Benković, 2008, Kružić *et al.*, 2008b) e l'eutrofizzazione (Kružić *et al.*, 2007).

Per quanto riguarda lo stato di conservazione, la madrepora a cuscino è inserita:

- nelle Liste Rosse della IUNC come specie in pericolo;
- nell'Allegato II della Convenzione di Berna;
- nell'Annesso II Protocollo delle Aree Specialmente Protette di Importanza Mediterranea (ASPIM, Convenzione di Barcellona).

### **1.3 Scopo del lavoro**

Per una opportuna gestione integrata del Parco Archeologico Sommerso di Baia, il presente lavoro è uno strumento conoscitivo e descrittivo della biodiversità marina bentonica presente in questa area protetta. Lo studio ha due obiettivi. Il primo è volto alla caratterizzazione delle comunità epibentoniche di alcuni piloni sommersi della Secca delle Fumose, all'interno del Parco Archeologico Sommerso di Baia. Il secondo riguarda la caratterizzazione della popolazione di *Cladocora caespitosa* e del suo stato di salute, valutando la percentuale di colonie vive, morte e sbiancate.

## 2 MATERIALI E METODI

### 2.1 Area di studio

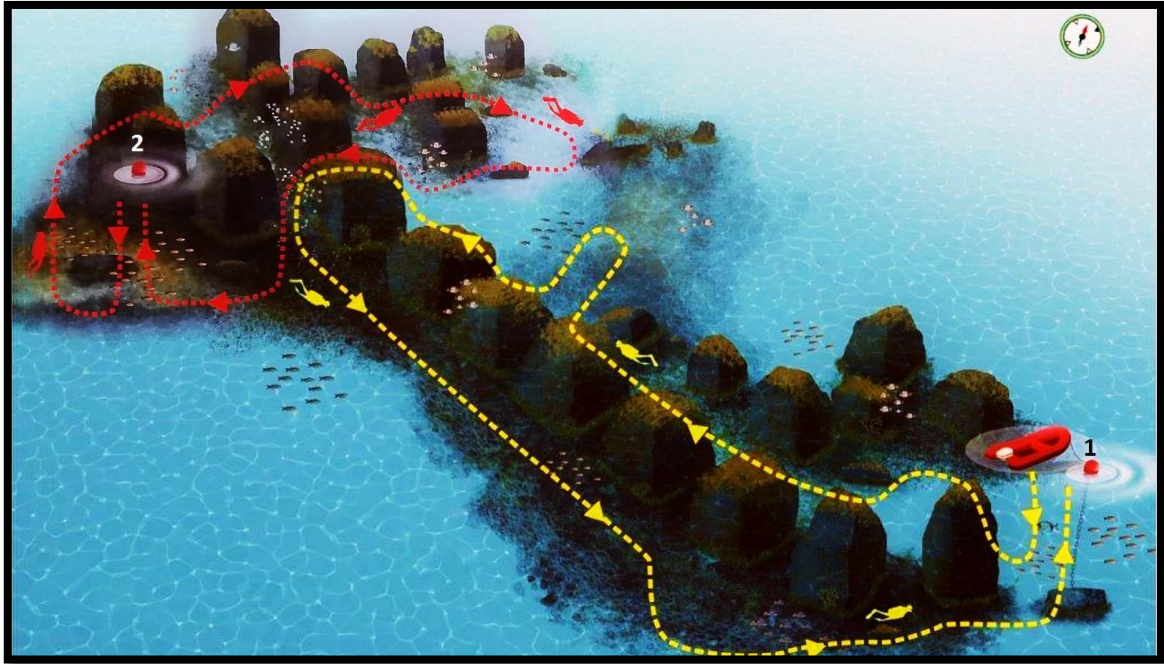


Figura 9 - Pianta 3D della Secca delle Fumose (Maione V.,2016)

A circa 750 metri dalla costa, nella zona C del Parco archeologico sommerso di Baia, è presente la *Secca delle Fumose*. Tale area nota per la presenza di fumarole e di bolle d'acqua è poco conosciuta dal punto di vista archeologico e bio-ecologico ed è occupata da una grande barriera frangiflutti costituita da 28 piloni (*pilae*) disposti su due file ad angolo retto (160x100 m).

L'immersione della Secca della Fumose (fig. 9) è quella che meglio unisce la parte archeologica alla parte geologica del Parco di Baia. La profondità parte

da 7 metri sulla boa numero 1 e arriva ad un massimo di 13/14 metri nella zona della boa numero 2. L'immersione si svolge attraverso 12 *pilae* costruite presumibilmente a cavallo del 37 a.C. e dell'inizio del primo secolo d.C. A cosa servissero queste torri, ancora oggi è un mistero; sicuramente è noto che furono costruite dall'Architetto Lucio Cocceio Acuto, al quale nel 37 a.C. furono attribuiti il progetto ed i lavori del *Portus Julius*. Cocceio fu famoso anche per la costruzione della Grotta che prende il nome dal suddetto costruttore, che collegava la zona di Cuma alle infrastrutture del Porto: tunnel da utilizzare in caso di evacuazione veloce della città. Probabilmente le *pilae* furono costruite per creare una barriera frangiflutti al *Portus Julius* o per proteggere una stazione termale. Il mito però attribuisce la costruzione delle *pilae* all'imperatore Caligola, il quale le eresse per sorreggere un ponte tra *Portus Julius* e Baia a livello del mare consentendogli di fare una cavalcata in una notte di luna piena, ma quest'ultima non è un'ipotesi attendibile (Maione V., 2016).

Le *pilae* furono costruite con un sistema tipico dell'epoca detto Cassonatura: grandi cassoni di legno che venivano riempiti di Pozzolana, pietre e altro materiale e poi rivestite esternamente con i metodi tradizionali dell'epoca come *l'opus latericium*, posizionando i mattoni in verticale o in orizzontale e *l'opus reticulatum* posizionando i mattoni come a formare un grande reticolo.

Le *pilae* erano alte più di dieci metri e larghe quattro. Vennero battezzate dal popolo di Pozzuoli Torri di Pulcinella a causa della sommità a forma di Bitta ricordando il cappello della maschera napoletana. Durante la seconda guerra mondiale furono abbattute dalla marina tedesca per consentire meglio il passaggio ai sottomarini in quanto Baia ne era la base. Ancora oggi è presente sott'acqua, vicino ad una torre, uno stabilizzatore di un U-Boat.

L'immersione in quest'area è importante anche per la parte geologica in quanto all'altezza della seconda boa, si entra nella zona delle fumose caratterizzata da esalazioni di anidride solforosa, che si manifesta con migliaia di bollicine sparate da soffioni e che, sedimentando, permettono la proliferazione di solfobatteri che formano delle chiazze bianche e gialle in prossimità dei massi e del fondo (Maione, 2016).

## **2.2 Attività di campo**

### *2.2.1 Metodi di campionamento per la caratterizzazione biocenotica*

Per i campionamenti all'interno delle stazioni sono stati utilizzati metodi non distruttivi, quali il campionamento fotografico con riquadratore fisso, in quanto il sito è una zona archeologica.

Per la caratterizzazione biocenotica è stata utilizzata una struttura (fig. 10) ideata per l'occasione formata da un quadrato 30 x 30 cm al quale è stata

fissata una GoPro Hero 4 Black con filtro magenta sull'obiettivo e faretto laterale. La rigidità della struttura e la distanza invariabile tra la camera e il centro del quadrato di rilevamento è stata necessaria per la corretta ripresa fotografica e per ridurre gli errori di parallasse quanto più possibile.



*Figura 10 - Struttura per il campionamento*

Per recuperare la vividezza di colori come il rosso ed il giallo che in profondità vengono sovrastati dal verde e dal blu è stato necessario l'utilizzo del filtro magenta.

Inoltre per appuntare temperature, profondità, riferimenti orientativi e particolari caratteristiche inerenti agli organismi riscontrati, indispensabili per la successiva analisi dei dati è stato utile l'utilizzo di una lavagnetta. Gli scatti singoli abituali di un campionamento fotografico sono stati sostituiti da dei

video, unici per ogni pilone, in modalità ultra HD dai quali poi sono stati ritagliati i frames necessari.

### 2.2.2 *Metodo per la caratterizzazione della struttura di popolazione di Cladocora caespitosa*

Per questo tipo di analisi è stata invece utilizzata una Canon PowerShot G7 X, una fotocamera digitale compatta dotata di scafandro, a cui è stato applicato un distanziatore di 21 x 28 cm. Per le varie misure prese *in situ* delle diverse colonie di *C. caespitosa* nelle quattro stazioni si è ricorsi all'utilizzo di un calibratore, le quali sono state appuntate su un Wet Note, un libretto subacqueo.

### 2.2.3 *Fasi del campionamento*

Analizzando la planimetria del sito (fig. 11) sono stati scelti quattro piloni per effettuare lo studio sui possibili effetti di differenti impatti. Il primo pilone (imp-1) è presumibilmente il più impattato dall'attività subacquea, essendo localizzato lungo il percorso archeologico sommerso della "Secca delle Fumose". Il secondo pilone (imp-2), situato lungo lo stesso percorso sommerso, è vicino alle emissioni di gas sulfureo e anidride carbonica. I

restanti due sono stati utilizzati come controllo (cont-1 e cont-2) e sono situati poco vicino alla zona presumibilmente impattata.

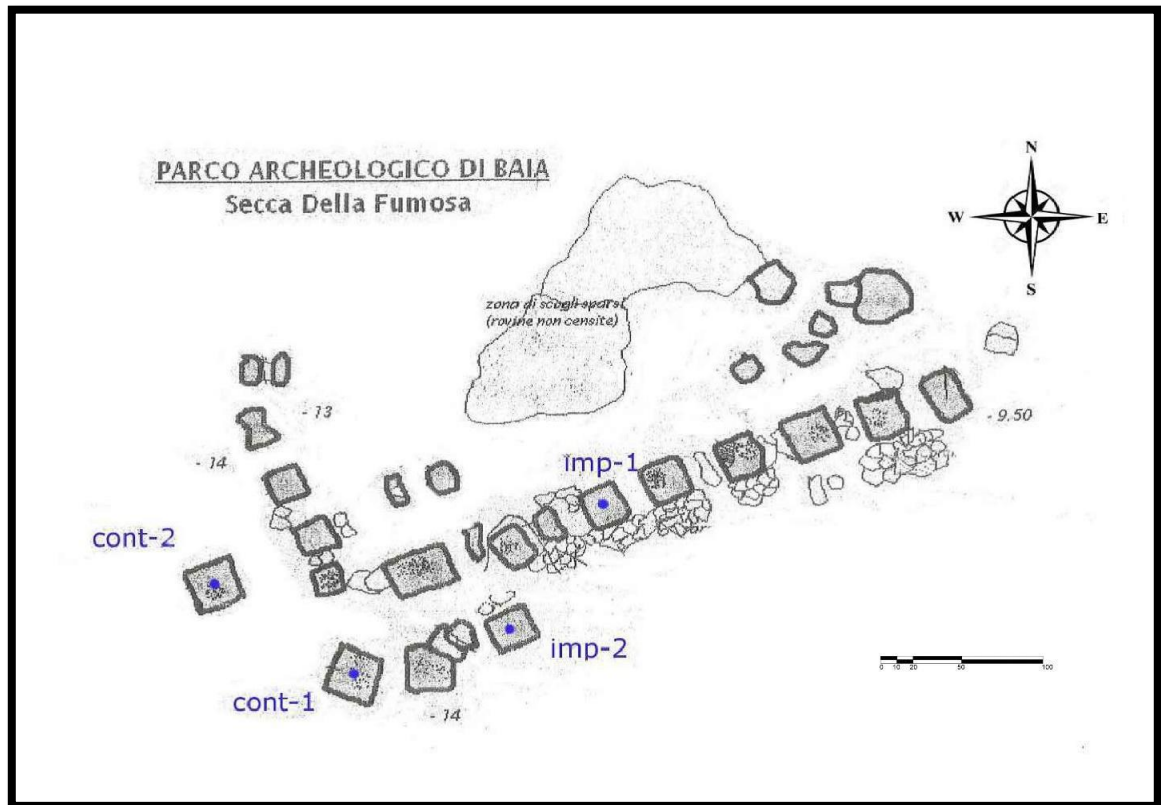


Figura 11 - Pianta del sito delle Fumose con inserimento delle stazioni di campionamento.

Le quattro stazioni di campionamento all'interno del sito sono delle *pilae* con una base quadrata 4x4 metri e un'altezza variabile dai 7 metri fino alle più basse che raggiungono i 5 metri.

Nel mese di novembre 2016 un collega dell'Università degli studi di Napoli Parthenope ha iniziato il lavoro di campionamento che ha previsto immersioni subacquee nella zona delle stazioni scelte in precedenza, da me ripetute anche



nello stesso mese dell'anno 2017, grazie all'appoggio logistico offerto dal Centro Sub Campi Flegrei.

Scesi alla profondità di 10 metri è iniziato il lavoro di ripresa di ogni lato per ogni pilone romano (fig. 12): si è proceduto in modo lento e costante alla profondità standard aggiustando di volta in volta l'intensità della luce del faretto al variare dell'esposizione alla luce naturale.



*Figura 12 - Procedura di campionamento*

Per il campionamento riguardante *Cladocora caespitosa* le immersioni sono state effettuate nel mese di novembre dell'anno 2018. L'attività di campionamento ha previsto lo scatto fotografico della singola colonia e la successiva misurazione della stessa. Questo lavoro è stato ripetuto per 50 colonie di *C. caespitosa* nei due siti di controllo (cont-1 e cont-2), mentre le

colonie sono state di meno a causa della loro assenza nei due siti impattati (17 e 39).

#### 2.2.4 *Elaborazione dei dati*

Successivamente alla raccolta dei dati sul campo è iniziato il lavoro di smistamento, trasformazione e catalogazione di essi. Passati i video sul PC è stato possibile estrapolare circa una decina di frames (fig. 13a) per facciata per ogni pilone scelti in modo casuale tramite l'utilizzo di VLC media player, un programma di elaborazione video.



*Figura 13 a - Frame estrapolato dal video del lato Nord di un controllo 2017*

*b - Frame modificato su Gimp2*

Dai frames ottenuti sono state scelte in modo casuale tre immagini per facciata e prima di inserirle nel programma per l'identificazione degli

organismi, sono state modificate su Gimp 2 (fig. 13b), un programma che ha permesso di regolare i contrasti.

Successivamente le foto, sia dell'anno 2016 che dell'anno 2017, sono state elaborate tramite il software PhotoQuad (Trygonis & Sini 2012). Il software, dopo un'opportuna calibrazione e suddivisione della superficie della fotografia in 400 celle di area pari a 1 cm<sup>2</sup>, è in grado di fornire dati di area in cm<sup>2</sup> e di copertura % (fig. 14) di ogni singolo taxon rilevato in ogni immagine, ottenendo così una buona approssimazione del ricoprimento percentuale del substrato.

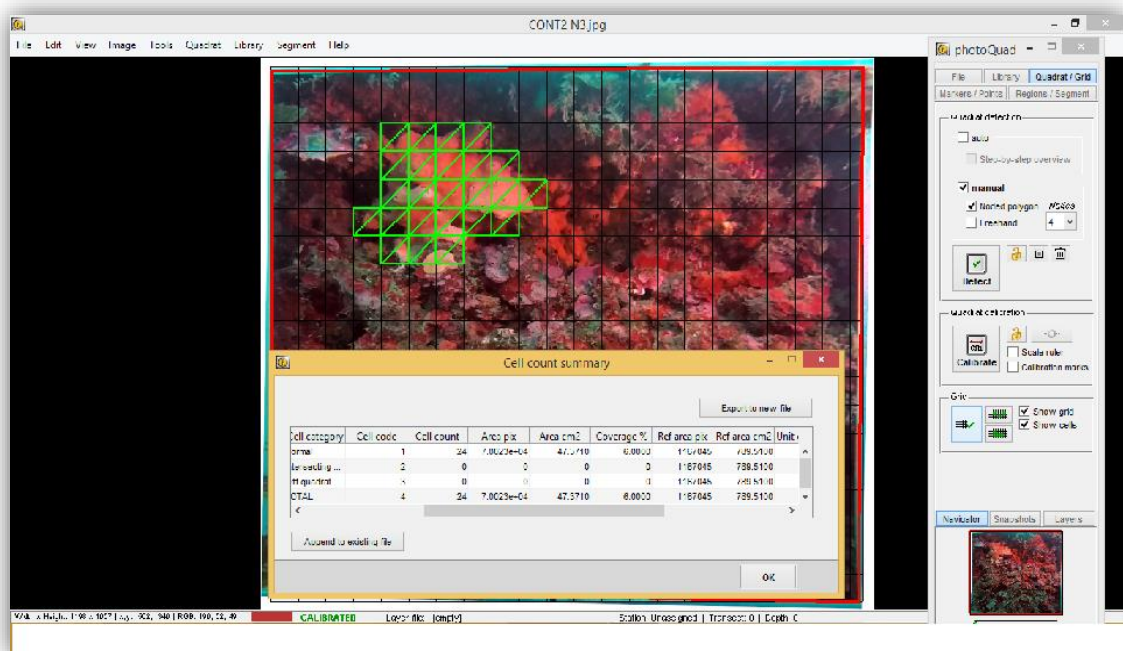


Figura 14 - Dati forniti dal software PhotoQuad

Anche le foto dell'anno 2018 sono state elaborate tramite il software PhotoQuad (Trygonis & Sini 2012), ma anziché 400 sono state inserite 4000 celle, ottenendo la percentuale della porzione viva, morta e sbiancata della singola colonia della madrepora. Inoltre il programma ha permesso anche la misurazione delle singole colonie per ricavarne i dati biometrici (superficie e diametro).

### 3 RISULTATI

#### 3.1 Caratterizzazione biocenotica delle pilae

Sono stati calcolati i ricoprimenti percentuali su ogni pilone in esame per ciascuna delle quattro esposizioni (N, E, S, W).

In una prima fase i gruppi morfologici sono stati identificati al più basso livello tassonomico possibile, in modo da avere una lista faunistica delle specie insediate sulle *pilae* analizzate (Tabella 4).

Tabella 4 – Taxa individuati nell’area di studio

	SPECIE	PHYLUM	CLASSE	ORDINE	FAMIGLIA
1	<i>Corallinacee</i> e	<i>Rhodophyta</i>	<i>Florideophyceae</i>	<i>Corallinales</i>	Lithophyllaceae
	<i>Peyssonneliacee</i>	<i>Rhodophyta</i>	<i>Florideophyceae</i>	<i>Peyssonneliales</i>	Peyssonneliaceae
2	<i>Feltro algale</i>				
3	<i>Flabellia petiolata</i>	<i>Chlorophyta</i>	<i>Ulvophyceae</i>	<i>Bryopsidales</i>	<i>Udoteaceae</i>
4	<i>Triclocharpa fragilis</i>	<i>Rhodophyta</i>	<i>Florideophyceae</i>	<i>Nemaliales</i>	<i>Galaxauraceae</i>
5	<i>Acanthella acuta</i>	<i>Porifera</i>	<i>Demospongiae</i>	<i>Bubarida</i>	<i>Dictyonellidae</i>
6	<i>Agelas oroides</i>	<i>Porifera</i>	<i>Demospongiae</i>	<i>Agelasida</i>	<i>Agelasidae</i>
7	<i>Axinella damicornis</i>	<i>Porifera</i>	<i>Demospongiae</i>	<i>Axinellida</i>	<i>Axinellidae</i>
8	<i>Chondrosia reniformis</i>	<i>Porifera</i>	<i>Demospongiae</i>	<i>Chondrosiida</i>	<i>Chondrosiidae</i>
9	<i>Dyctionella incisa</i>	<i>Porifera</i>	<i>Demospongiae</i>	<i>Bubarida</i>	<i>Dictyonellidae</i>
10	<i>Hexadella racovitzai</i>	<i>Porifera</i>	<i>Demospongiae</i>	<i>Verongiida</i>	<i>Ianthellidae</i>
11	<i>Petrosia ficiformis</i>	<i>Porifera</i>	<i>Demospongiae</i>	<i>Haplosclerida</i>	<i>Petrosiidae</i>

12	<i>Phorbas tenacior</i>	Porifera	Demospongiae	Poecilosclerida	Hymedesmiidae
13	<i>Ircinia oros</i>	Porifera	Demospongiae	Dictyoceratida	Irciniidae
14	<i>Spugna incrostante rossa</i>	Porifera	Demospongiae		
15	<i>Balanophyllia europaea</i>	Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Dendrophylliidae
16	<i>Cladocora caespitosa</i>	Cnidaria	Anthozoa	Scleractinia	Scleractinia incertae sedis
17	<i>Parazoanthus axinellae</i>	Cnidaria	Anthozoa	Zoantharia	Parazoanthidae
18	<i>Sabella spallanzani</i>	Annelida	Polychaeta	Sabellida	Sabellidae
19	<i>Perforatus</i>	Arthropoda	Hexanauplia	Sessilia	Balanidae
20	<i>Reteporella sp.</i>	Bryozoa	Gymnolaemata	Cheilostomatida	Phidoloporidae
21	<i>Didemnum sp.</i>	Chordata	Ascidiacea	Aplousobranchia	Didemnidae

In una seconda fase invece, i taxa individuati sono stati raggruppati in categorie più ampie e nei grafici che seguono sono stati presi in considerazione solo i cinque gruppi morfologici più frequentemente rinvenuti, ovvero:

- Corallinacee e Peyssoneliacee
- Feltro algale
- *Flabellia petiolata*
- Spugne massive
- Spugne incrostanti

### 3.1.1 Campionamento delle quattro pilae novembre 2016

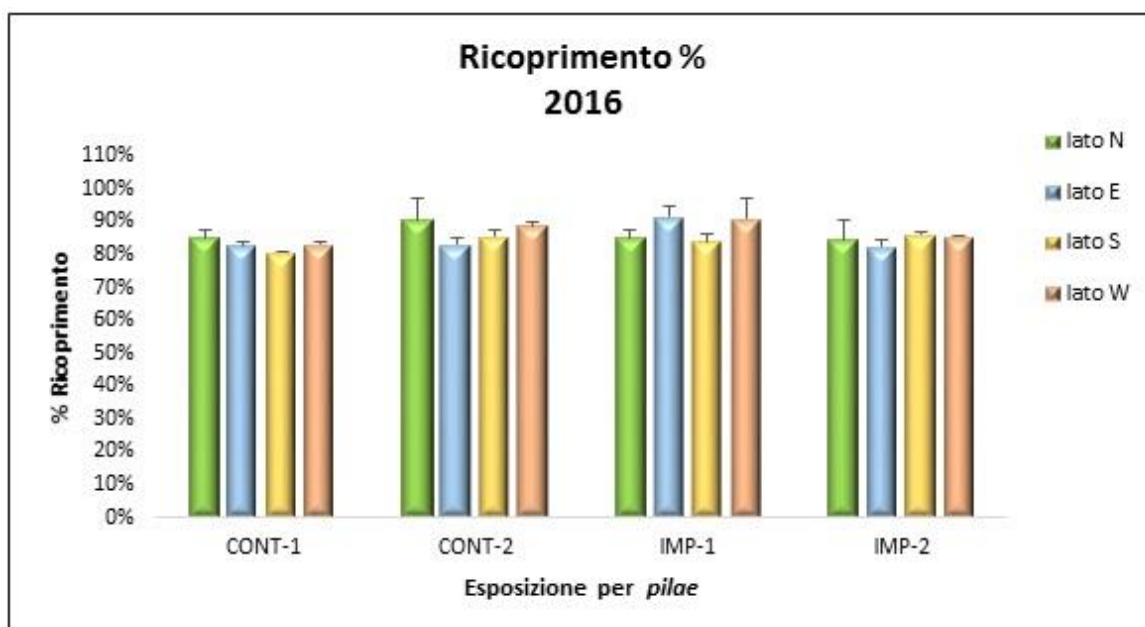


Figura 15 - Ricoprimento percentuale dei 21 gruppi morfologici identificati ordinati in funzione delle pilae di controllo e impattate e delle esposizioni di ogni lato, novembre 2016

Nella stazione “cont1” si può osservare come la percentuale di ricoprimento totale sia superiore nel lato nord con  $85\% \pm 2\%$ , che decresce a  $83\% \pm 1\%$  nel lato est e a  $80.58\% \pm 0\%$  nel lato sud, per poi risalire a  $83.17\% \pm 2\%$  nel lato ovest.

In “cont2” il valore massimo di percentuale è presente nel lato nord con il  $90.33\% \pm 7\%$  e il minimo nel lato est con  $83\% \pm 2\%$  nel lato est. Nei lati sud

e ovest la percentuale di ricoprimento è rispettivamente  $86\% \pm 2\%$  ed  $88.75\% \pm 2\%$ .

La stazione “imp1” mostra valori pari e superiori a 91% nei lati est ed ovest (rispettivamente  $91.67\% \pm 3\%$  e  $91\% \pm 6\%$ ), che decrescono a  $85.25\% \pm 2\%$  nel lato nord e  $84\% \pm 2\%$  in quello sud.

Infine per “imp2” i valori risultano esseri pari a  $84.42\% \pm 6\%$  nell’esposizione nord,  $82.58\% \pm 2\%$  nel lato est,  $86\% \pm 1\%$  in quello sud rappresentando il valore più alto, e  $85.58\% \pm 0\%$  nell’esposizione ovest.

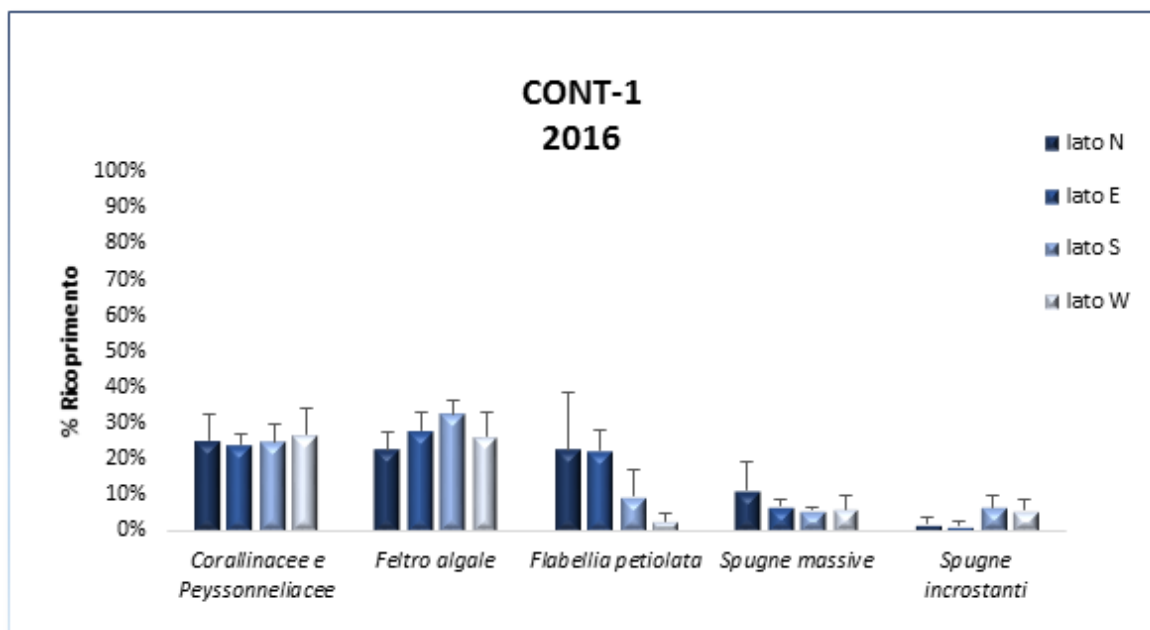


Figura 16 - Ricoprimento della pila “cont-1” dei 5 gruppi morfologici più presenti ordinati in funzione delle esposizioni di ogni lato, novembre 2016



Dal grafico in Figura 16 si evince che i due gruppi dominanti nelle quattro esposizioni della stazione di campionamento “cont-1” sono Corallinacee e Peyssonneliacee e Feltro algale. Le Corallinacee e Peyssonneliacee mostrano una percentuale di ricoprimento di  $25\% \pm 8\%$  nel lato nord,  $24\% \pm 3\%$  nel lato est,  $24.92\% \pm 5\%$  in quello sud ed infine  $26.75\% \pm 8\%$  nel lato ovest. Il Feltro algale mostra invece una percentuale di ricoprimento più alta nel lato sud con il  $32.50\% \pm 4\%$ ,  $28\% \pm 5\%$  nel lato est,  $26.33\% \pm 6\%$  in quello ovest ed infine  $23\% \pm 5\%$  nel lato nord. *Flabellia petiolata* presenta percentuali che variano da  $23\% \pm 16\%$  nel lato nord a  $2.92\% \pm 2\%$  in quello ovest. Per i restanti due gruppi, Spugne massive e Spugne incrostanti, le percentuali sono più basse passando da  $11\% \pm 8\%$  a  $5.75\% \pm 1\%$  per il primo e da  $6.58\% \pm 3\%$  a  $1.50\% \pm 1\%$ .

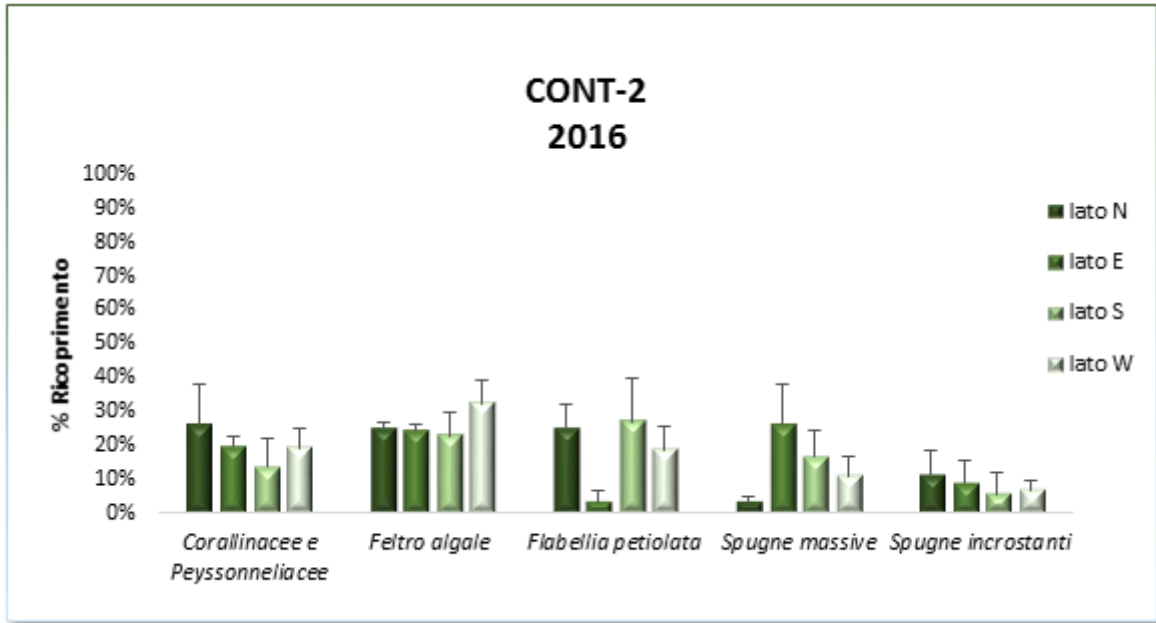


Figura 17 - Ricoprimento della pila “cont-2” dei 5 gruppi morfologici più presenti ordinati in funzione delle esposizioni di ogni lato, novembre 2016

Nel grafico riguardante il pilone “cont-2” le Corallinacee e Peyssonneliacee mostrano una percentuale di ricoprimento di  $26\% \pm 12\%$  nel lato nord,  $19.42\% \pm 3\%$  nel lato est,  $13\% \pm 8\%$  in quello sud ed infine  $19.33\% \pm 6\%$  nel lato ovest. Il Feltro algale mostra invece una percentuale di ricoprimento più alta nel lato ovest con il  $32.08\% \pm 7\%$ ,  $25\% \pm 2\%$  nel lato nord,  $24.17\% \pm 2\%$  in quello est ed infine  $23\% \pm 7\%$  nel lato sud. Il gruppo *Flabellia petiolata* presenta percentuali che variano da  $26.97\% \pm 13\%$  nel lato sud a  $3\% \pm 3\%$  in quello est. Per le Spugne massive le percentuali passano da  $26\% \pm 12\%$  nel lato est a  $3.17\% \pm 2\%$  nel lato nord. Invece le percentuali delle Spugne

incrostanti variano da 10.83%  $\pm$  8% nel lato nord a 5.67%  $\pm$  6% nel lato sud.

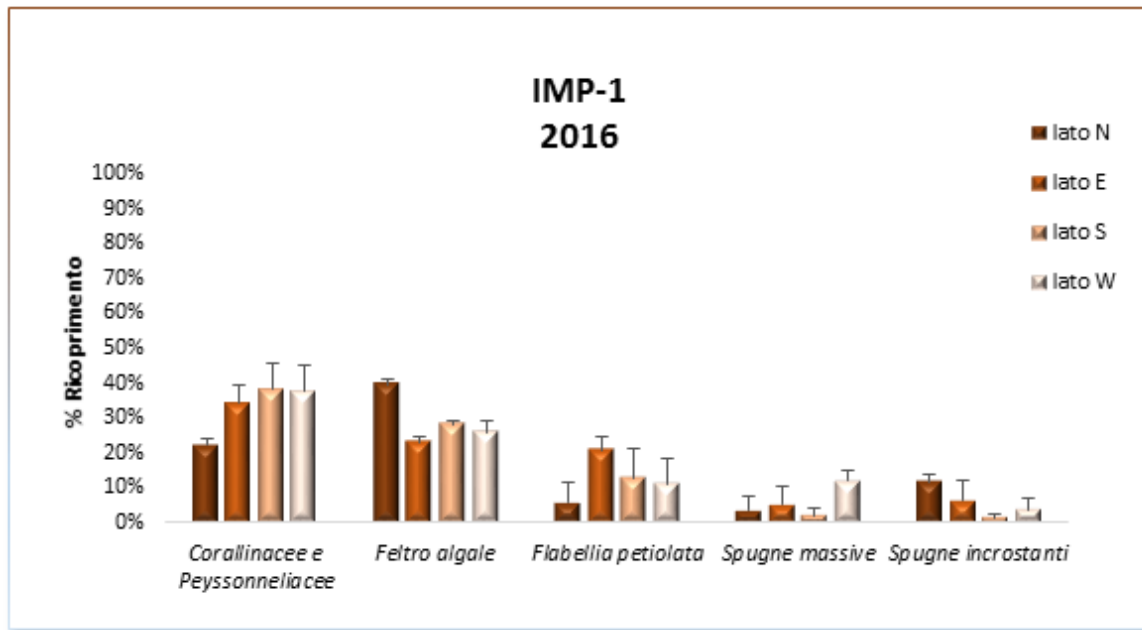


Figura 18 - Ricoprimento della pila “imp-1” dei 5 gruppi morfologici più presenti ordinati in funzione delle esposizioni di ogni lato, novembre 2016

Nel grafico in Figura 18 Le Corallinacee e Peyssonneliacee mostrano una percentuale di ricoprimento di 22.25%  $\pm$  2% nel lato nord, 34.17%  $\pm$  5% nel lato est, 38%  $\pm$  8% in quello sud ed infine 37.75%  $\pm$  8% nel lato ovest. Il Feltro algale mostra invece una percentuale di ricoprimento più alta nel lato nord con il 39.50%  $\pm$  2%, 28%  $\pm$  1% nel lato sud, 26%  $\pm$  3% in quello ovest ed infine 23%  $\pm$  2% nel lato est. Il gruppo Flabellia petiolata presenta percentuali che variano da 21%  $\pm$  4% nel lato est a 6%  $\pm$  6% in quello nord. Per le Spugne massive le percentuali passano da 12.17%  $\pm$  3% nel lato ovest a 2.25%  $\pm$  2% nel lato sud. Invece le percentuali delle Spugne incrostanti

variano da  $11.75\% \pm 2\%$  nel lato nord a  $1.42\% \pm 1\%$  nel lato sud.

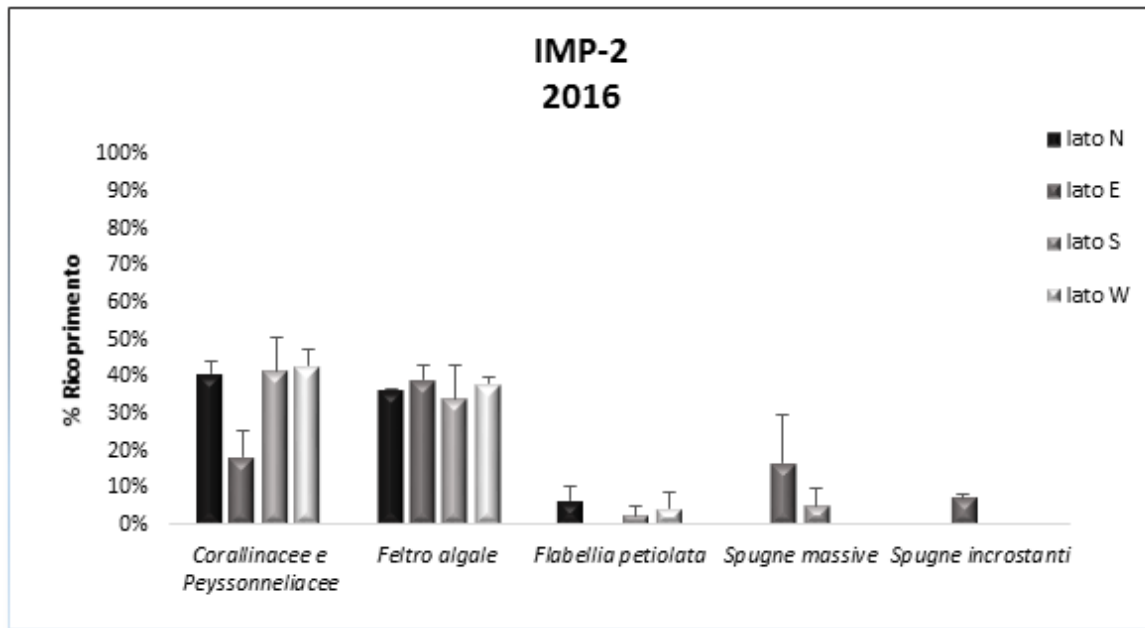


Figura 19 - Ricoprimento della pila “imp-2” dei 5 gruppi morfologici più presenti ordinati in funzione delle esposizioni di ogni lato, novembre 2016

Nella pila “imp-2” le Corallinacee e Peyssonneliacee mostrano una percentuale di ricoprimento di  $40.75\% \pm 4\%$  nel lato nord,  $18.33\% \pm 7\%$  nel lato est,  $42\% \pm 9\%$  in quello sud ed infine  $42.92\% \pm 4\%$  nel lato ovest. Il Feltro algale mostra invece una percentuale di ricoprimento più alta nel lato est con il  $39.25\% \pm 4\%$ ,  $38.08\% \pm 2\%$  nel lato ovest,  $36.67\% \pm 0\%$  in quello nord ed infine  $34.25\% \pm 9\%$  nel lato sud. Il gruppo Flabellia petiolata presenta percentuali che variano da  $7\% \pm 4\%$  nel lato nord a  $0\%$  in quello est. Per le Spugne massive le percentuali passano da  $16.75\% \pm 13\%$  nel lato est a

0% nei lati nord ed ovest. Invece le percentuali delle Spugne incrostanti variano da  $7.25\% \pm 1\%$  nel lato est a 0% nei lati nord ed ovest.

### 3.1.2 Campionamento delle quattro pilae novembre 2017

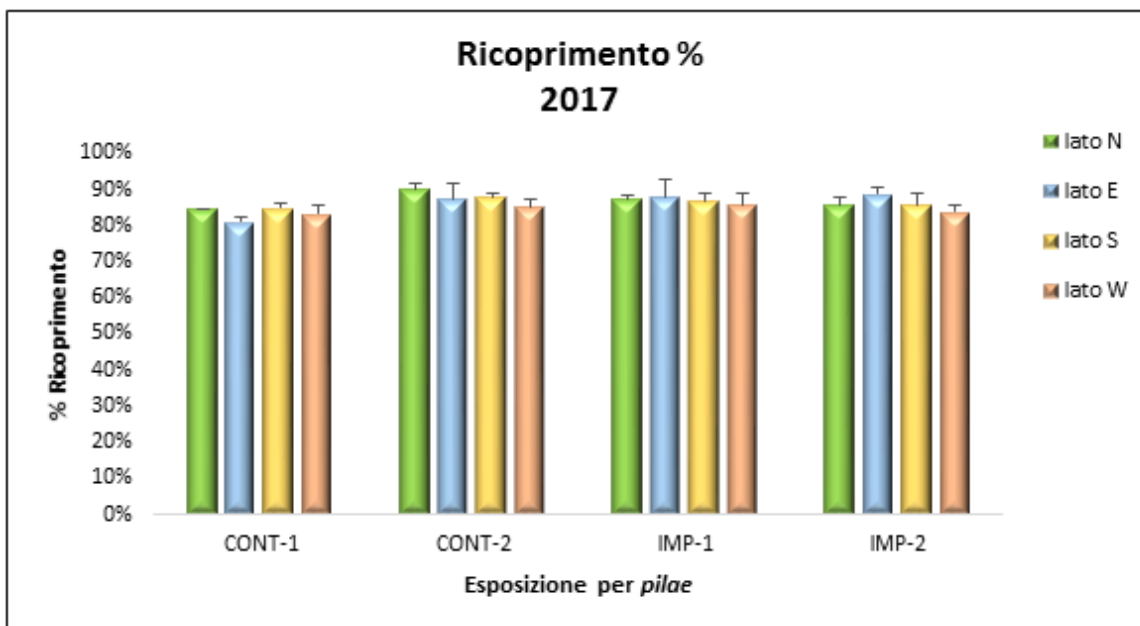


Figura 20 - Ricoprimento percentuale dei 21 gruppi morfologici identificati ordinati in funzione delle pilae di controllo e impattate e delle esposizioni di ogni lato, novembre 2017

Nella stazione “cont1” si può osservare come la percentuale di ricoprimento totale sia superiore nel lato sud con l’85% ± 1%, seguendo 84.32% ± 0% nel lato nord, 83% ± 2% in quello ovest e 81.08% ± 1% nel lato est.

La stazione “cont2” mostra il valore massimo di percentuale nel lato nord con l’89.83% ± 2% e il minimo in quello ovest con l’85.17% ± 2% nel lato ovest.

Nei lati est e sud la percentuale di ricoprimento è rispettivamente  $87.42\% \pm 4\%$  e  $87.92\% \pm 1\%$ .

Per la *pila* “imp1” nel lato nord si ha  $87.17\% \pm 1\%$  di ricoprimento,  $87.92\% \pm 5\%$  in quello est,  $86.75\% \pm 2\%$  nell’esposizione sud e  $85.83\% \pm 3\%$  in quella ovest.

In “imp2” i valori risultano esseri pari a  $85.83\% \pm 2\%$  nell’esposizione nord,  $88.75\% \pm 2\%$  nel lato est,  $85.67\% \pm 3\%$  nel lato sud, e  $83.83\% \pm 2\%$  nell’esposizione ovest.

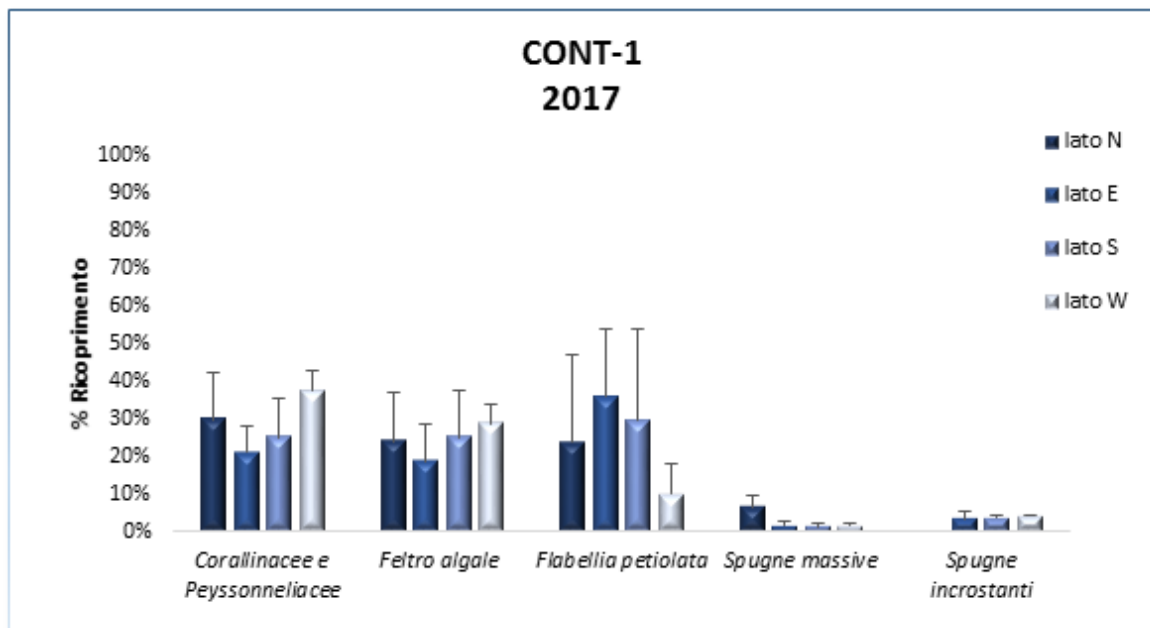


Figura 21 - Ricoprimento della *pila* “cont-1” dei 5 gruppi morfologici più presenti ordinati in funzione delle esposizioni di ogni lato, novembre 2017

Le Corallinacee e Peyssonneliacee mostrano una percentuale di ricoprimento di  $30\% \pm 13\%$  nel lato nord,  $21\% \pm 7\%$  nel lato est,  $25\% \pm 11\%$  in quello sud

ed infine  $38\% \pm 6\%$  nel lato ovest. Il Feltro algale mostra invece una percentuale di ricoprimento più alta nel lato ovest con il  $29\% \pm 5\%$ ,  $24.92\% \pm 12\%$  nel lato sud,  $24\% \pm 13\%$  in quello nord ed infine  $18.75\% \pm 10\%$  nel lato est. Il gruppo *Flabellia petiolata* presenta percentuali che variano da  $35.92\% \pm 18\%$  nel lato est a  $9.92\% \pm 8\%$  in quello ovest. Per i restanti due gruppi, Spugne massive e Spugne incrostanti, le percentuali sono più basse passando da  $6.50\% \pm 3\%$  a  $1.33\% \pm 1\%$  per il primo e da  $4.08\% \pm 0\%$  a  $0\%$ .

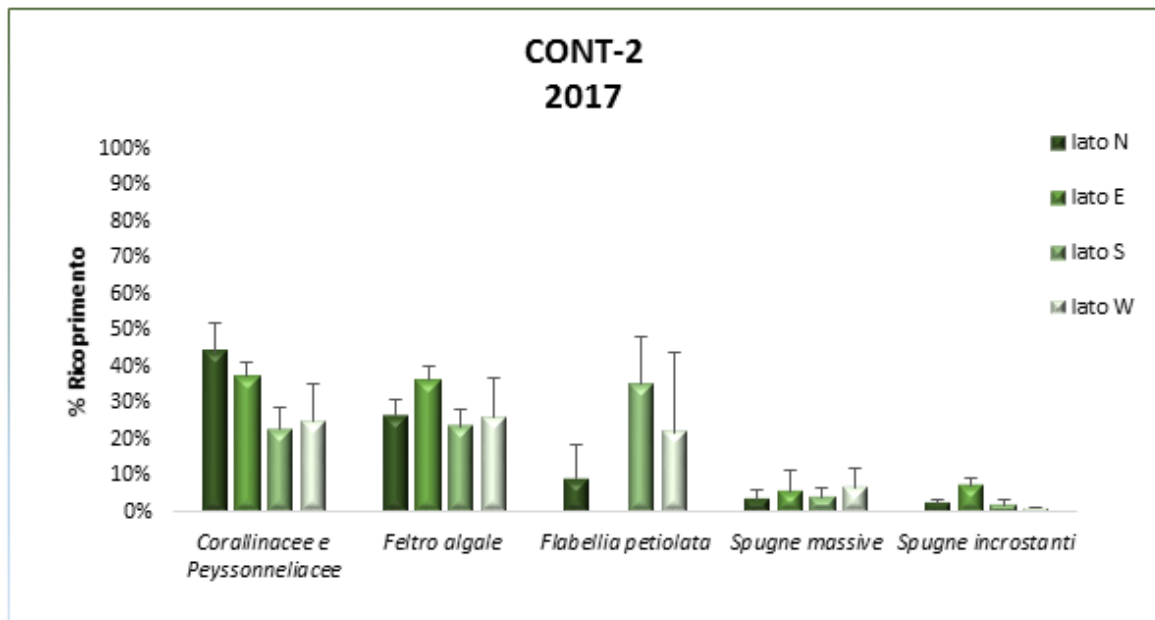


Figura 22 - Ricoprimento della pila “cont-2” dei 5 gruppi morfologici più presenti ordinati in funzione delle esposizioni di ogni lato, novembre 2017

Nella pila “cont-2” le Corallinacee e Peyssonneliacee mostrano una percentuale di ricoprimento di  $44.25\% \pm 8\%$  nel lato nord,  $37.33\% \pm 4\%$  in quello est,  $22.67\% \pm 6\%$  e  $25.08\% \pm 10\%$  rispettivamente nel lato sud e ovest.

Il Feltro algale mostra invece una percentuale di ricoprimento più alta nel lato est con il  $36.42\% \pm 4\%$ ,  $27\% \pm 5\%$  nel lato nord,  $26\% \pm 11\%$  in quello ovest ed infine  $23.67\% \pm 5\%$  nel lato sud. Il gruppo *Flabellia petiolata* presenta percentuali che variano da  $35.25\% \pm 3\%$  nel lato sud a  $0\%$  in quello est. Per le Spugne massive le percentuali passano da  $6.92\% \pm 5\%$  nel lato ovest a  $3.50\% \pm 3\%$  nel lato nord. Invece le percentuali delle Spugne incrostanti variano da  $7.42\% \pm 2\%$  nel lato est a  $2\% \pm 1\%$  nel lato sud.

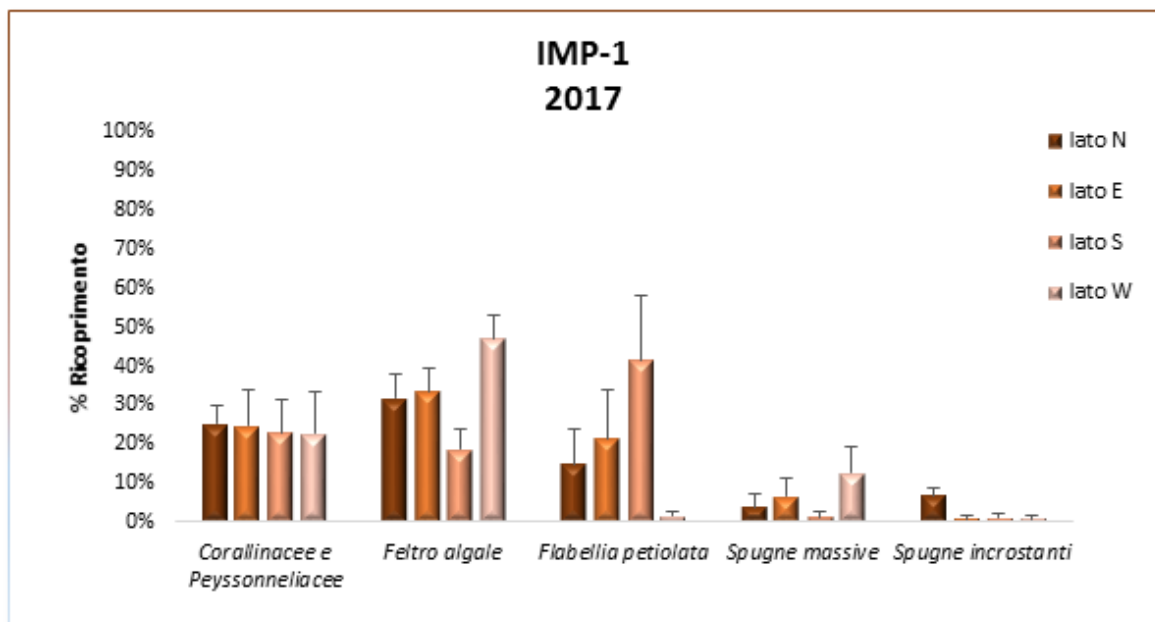


Figura 23 - Ricoprimento della pila "imp-1" dei 5 gruppi morfologici più presenti ordinati in funzione delle esposizioni di ogni lato, novembre 2017

Nel grafico in Figura 23 Le Corallinacee e Peyssonneliacee mostrano una percentuale di ricoprimento di  $25.25\% \pm 5\%$  nel lato nord,  $24.67\% \pm 9\%$  in quello est,  $23\% \pm 8\%$  nel lato sud ed infine  $22.83\% \pm 11\%$  nel lato ovest. Il



Feltro algale mostra invece una percentuale di ricoprimento più alta nel lato ovest con il  $47.17\% \pm 6\%$ ,  $34\% \pm 6\%$  nel lato est,  $32\% \pm 6\%$  in quello nord ed infine  $19\% \pm 5\%$  nel lato sud. Il gruppo *Flabellia petiolata* presenta percentuali che variano da  $42\% \pm 16\%$  nel lato sud a  $2\% \pm 1\%$  in quello ovest. Per le Spugne massive le percentuali passano da  $12.67\% \pm 6\%$  nel lato ovest a  $1.25\% \pm 1\%$  nel lato sud. Invece le percentuali delle Spugne incrostanti variano da  $7\% \pm 2\%$  nel lato nord a  $0.92\% \pm 1\%$  nei lati est ed ovest.

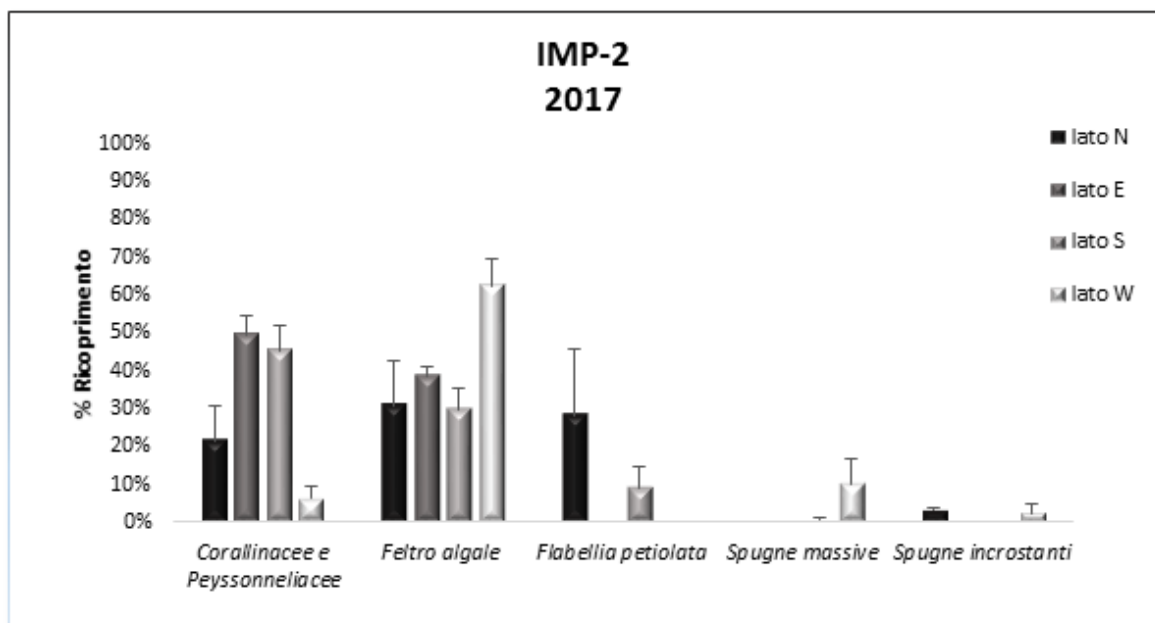


Figura 24 - Ricoprimento della pila "imp-2" dei 5 gruppi morfologici più presenti ordinati in funzione delle esposizioni di ogni lato, novembre 2017

Nella pila "imp-2" le Corallinacee e Peyssonneliacee mostrano una percentuale di ricoprimento di  $21.67\% \pm 9\%$  nel lato nord,  $49.58\% \pm 5\%$  in

quello est,  $46\% \pm 7\%$  nel lato sud ed infine  $6\% \pm 3\%$  nel lato ovest. Il Feltro algale mostra invece una percentuale di ricoprimento più alta nel lato ovest con il  $62.50\% \pm 7\%$ ,  $39\% \pm 2\%$  nel lato est,  $30.83\% \pm 12\%$  in quello nord ed infine  $30\% \pm 6\%$  nel lato sud. Il gruppo *Flabellia petiolata* presenta percentuali che variano da  $28\% \pm 17\%$  nel lato nord a  $0\%$  sia nel lato est che in quello ovest. Per le Spugne massive le percentuali passano da  $10.17\% \pm 7\%$  nel lato ovest a  $0\%$  nei lati nord ed est. Invece le percentuali delle Spugne incrostanti variano da  $3.17\% \pm 1\%$  nel lato nord a  $0\%$  nei lati est ed sud.

## 3.2 Caratterizzazione della struttura di popolazione di *Cladocora caespitosa*

### 3.2.1 Caratterizzazione dello stato di salute di *Cladocora caespitosa*

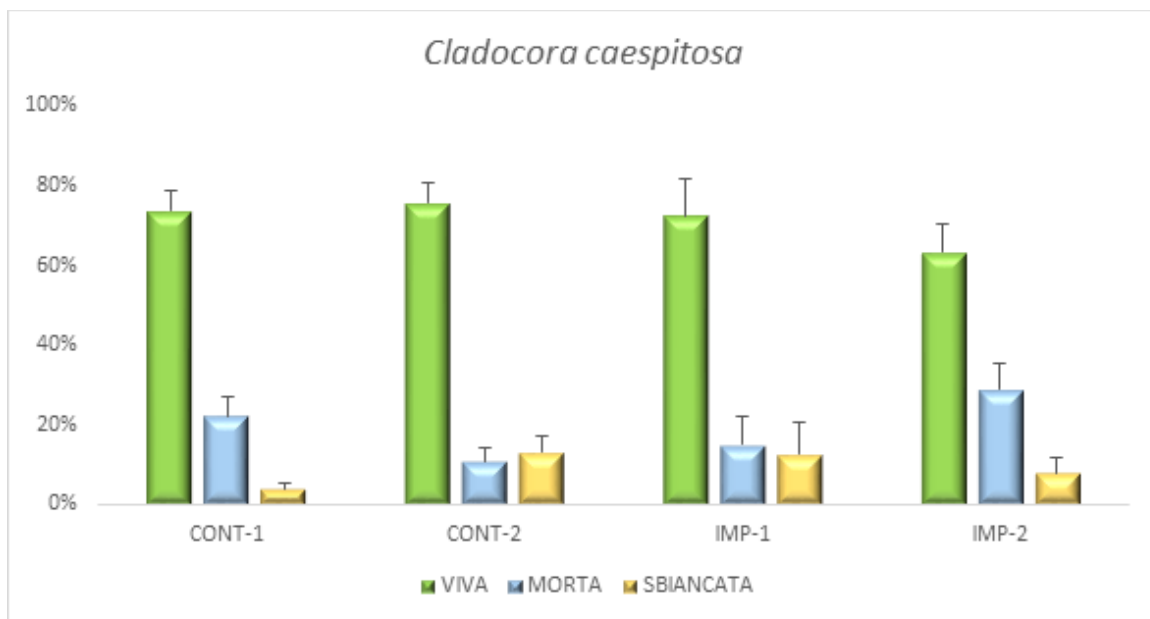


Figura 25 - Caratterizzazione dello stato di salute di *Cladocora caespitosa* valutando la percentuale di colonie vive, morte e sbiancate, novembre 2018

Analizzando il grafico che descrive le percentuali medie dello stato di salute della madrepora *Cladocora caespitosa* si può osservare come nella stazione “cont1” la percentuale di colonie vive sia pari al  $73.81\% \pm 4.90\%$ , la percentuale di colonie morte pari a  $22.21\% \pm 4.77\%$  e  $3.89\% \pm 1.46\%$  la percentuale di colonie sbiancate.

La stazione “cont2” mostra il  $75.69\% \pm 4.94\%$  di colonie vive, il  $10.95\% \pm 3.27\%$  di colonie morte e il  $13.18\% \pm 4.05\%$  di colonie sbiancate.

Per la *pila* “imp1” si osserva il  $72.44\% \pm 9.33\%$  di colonie vive,  $15.06\% \pm 6.79\%$  di colonie morte, e  $12.51\% \pm 8.01\%$  di colonie sbiancate.

In “imp2” i valori risultano esseri pari a  $63.27\% \pm 7.17\%$  di colonie vive,  $28.75\% \pm 6.59\%$  di colonie morte e  $7.98\% \pm 3.92\%$  di colonie sbiancate.

### 3.2.2 *Caratterizzazione della popolazione di Cladocora caespitosa in relazione alle superfici medie delle colonie*

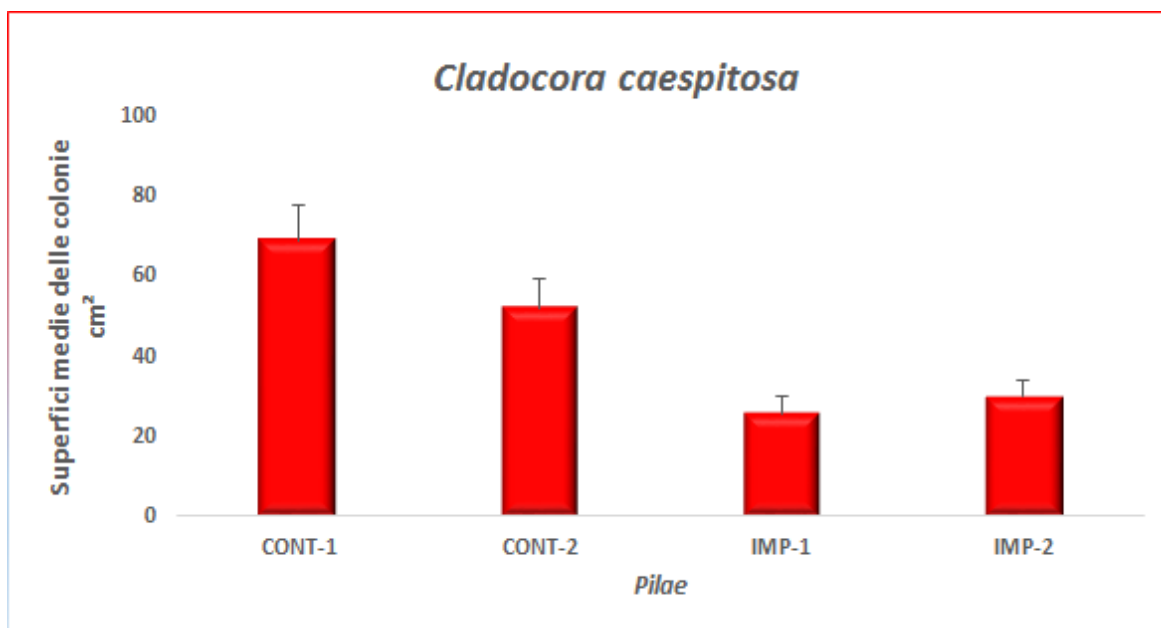


Figura 27 - *Caratterizzazione della popolazione di Cladocora caespitosa in relazione alle superfici medie delle colonie individuate nel sito Secca delle Fumose, ordinate in funzione delle pilae di controllo e impattate, novembre 2018*

Le colonie di *Cladocora caespitosa* rinvenute in prossimità della *pila* “cont-1” mostrano una superficie media pari a  $69.05 \text{ cm}^2 \pm 8.65 \text{ cm}^2$ ; quelle invece censite nelle vicinanze della *pila* “cont-2” hanno una superficie media di  $52.06 \text{ cm}^2 \pm 7.34 \text{ cm}^2$ ; le colonie misurate nei pressi della *pila* “imp-1” presentano un superficie media di  $25.70 \text{ cm}^2 \pm 4.47 \text{ cm}^2$ ; infine le colonie presenti in prossimità di “imp-2” hanno una superficie media di  $29.96 \text{ cm}^2 \pm 4.07 \text{ cm}^2$ .

### 3.2.3 Distribuzione di frequenza delle classi dimensionali delle colonie di *Cladocora caespitosa*

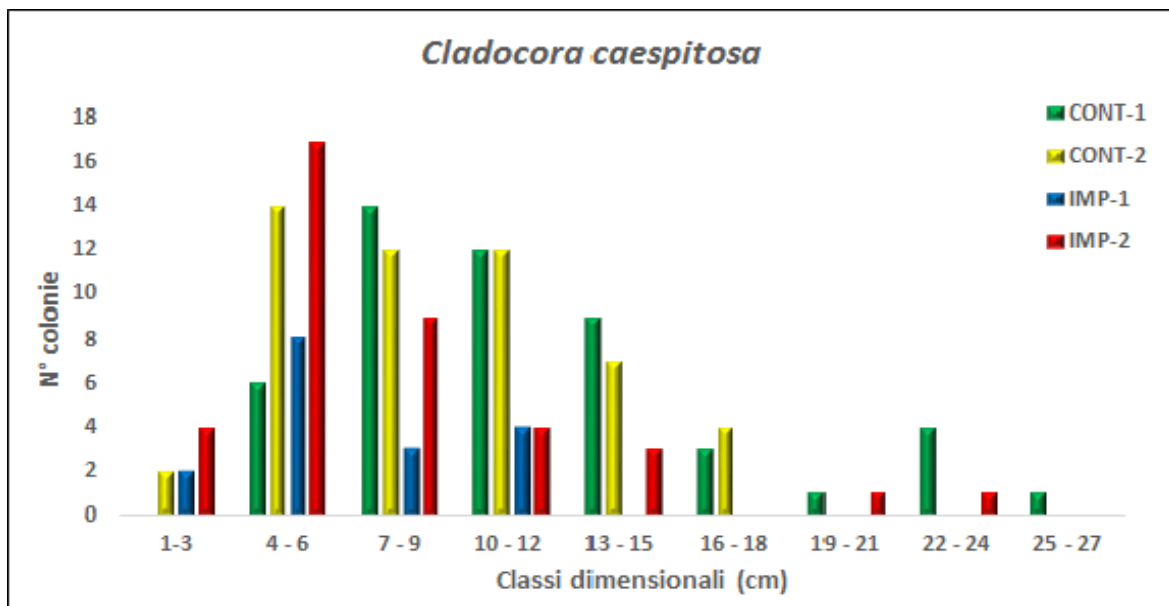


Figura 26 - Distribuzione di frequenza delle classi dimensionali delle colonie di *Cladocora caespitosa* individuate nel sito Secca delle Fumose, ordinate in funzione delle *pilae* di controllo e impattate, novembre 2018

In “cont-1” il maggior numero di colonie (n° 14) rientra nell’intervallo di 7-9 cm, ma non mancano colonie le cui dimensioni appaiono agli estremi della distribuzione: 6 sono di piccole dimensioni, comprese tra i 4 ed i 6 cm, mentre una colonia risulta essere grande e dell’ordine di 25-27 cm di diametro. Nella *pila* “cont-2” sono state censite solo 14 colonie di dimensioni comprese tra i 4-6 cm di diametro, ma anche 2 colonie rientranti nell’intervallo 1-3 cm e 4 colonie di dimensioni maggiori e dell’ordine di 16-18 cm. In “imp-1” le colonie censite presentano un numero più alto di quelle di dimensioni inferiori: 8 rientrano infatti nell’intervallo 4-6 cm. Nella quarta *pila*, “imp-2” le 39 colonie individuate presentano un relativo più alto numero di quelle di dimensioni comprese tra i 4-6 cm di diametro; sono altresì presenti colonie agli estremi del range con 4 colonia piccole (1-3 cm) ed una relativamente grande (22-24 cm).

## 4 DISCUSSIONI E CONCLUSIONI

Il campionamento fotografico e l'analisi delle categorie taxa/morfologiche si è rivelato essere un approccio valido per l'indagine della complessità strutturale che è stata riscontrata sulle *pilae* e l'associazione dei taxa che caratterizza l'area di studio campionata.

Infatti, questo tipo di campionamento ha permesso un'efficiente analisi dell'area suddetta sottoposta ad indagine, evitando la fase distruttiva del campionamento riducendo al minimo il danneggiamento dell'habitat.

Messi a confronto i grafici dei due anni progressivi (2016 e 2017) si evince che non esistono differenze significative nel ricoprimento percentuale tra gli organismi sia fotofili che sciafili determinati dall'esposizione o dal controllo *vs* impatto; anzi sembra che essi si dispongano in maniera quasi omogenea lungo i quattro lati.

Le differenze che si vedono e le elevate deviazioni standard potrebbero essere dovute alla natura stessa delle comunità epibentoniche, per le quali la maggior componente di variabilità alla stessa quota è fra le repliche.

Un'ulteriore considerazione, riguarda l'assenza di differenze significative nel ricoprimento percentuale di alghe rosse incrostanti (Corallinacee e Peyssoneliacee) fra controllo e impatto. Ciò potrebbe essere

determinato dai ridotti tassi di acidificazione che potrebbero compromettere la precipitazione di carbonato di calcio.

Gli organismi che utilizzano carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) nella loro struttura, sono più sensibili a variazioni di pH di organismi che non lo usano, così come organismi con più forme di minerali solubili di  $\text{CaCO}_3$  nella loro struttura (ad esempio, aragonite) sono più sensibili di organismi con meno forme minerali solubili (per esempio, calcite); anche organismi mobili e con alti tassi metabolici possono essere di compensare meglio i cambiamenti nella chimica del carbonato rispetto ad organismi sessili con bassi tassi metabolici. Possono essere considerate come parametro, inoltre, le storie vitali dei vari organismi: Gli stadi larvali e giovanili di organismi marini sono in genere più sensibili alle condizioni ambientali e possono soffrire di una elevata mortalità (Gattuso & Buddemeier, 2000; Gosselin & Qian, 1997). Inoltre, alcuni invertebrati cominciano la calcificazione durante la fase larvale (echinodermi e molluschi) o giovanile (coralli e crostacei) (Kurihara, 2008). Durante queste fasi di calcificazione, possono contare su una forma minerale più solubile di  $\text{CaCO}_3$  rispetto alla forma minerale usata da un adulto. In effetti, alcuni echinodermi hanno mostrato ritardo di sviluppo o alta mortalità durante le fasi larvali se esposte a acidificazione degli oceani (Dupont *et al.*, 2008).



E' lecito anche ipotizzare che, uno dei motivi per cui non si nota alcuna differenza di gruppi morfologici significativa, è quello emerso dopo lo studio di comunità di invertebrati bentonici di Kroeker (2011). Il suo lavoro svolto nel Mediterraneo in tre zone distinte di pH (ambiente, basso, ed estrema basso), che differivano sia la media e la variabilità del pH del mare lungo un gradiente continuo, ha riscontrato che, anche se sono stati contati meno taxa, ridotta uniformità tassonomica, e più bassa biomassa nelle zone estreme a basso pH, tuttavia, il numero di individui non differiva di molto tra le tre zone di pH, il che suggerisce che vi è una compensazione della densità attraverso sviluppo della popolazione o piccoli taxa tolleranti all'acidificazione (Hall-Spencer *et al*, 2008). Inoltre, la struttura trofica della comunità di invertebrati è spostata verso un minor numero di gruppi trofici nelle zone estreme di basso pH, suggerendo che ci può essere una semplificazione delle catene alimentari con l'acidificazione degli oceani (Vinebrooke RD *et al*, 2003). La perdita di interazioni compromette la funzionalità ecosistemica con gravi effetti a cascata lungo l'intera rete trofica.

Lo stato di salute delle colonie di *Cladocora caespitosa* è risultato essere nel complesso buono in quanto le colonie presentano poche porzioni morte e/o sbiancate e, per quanto riguarda la distribuzione di frequenza delle classi dimensionali delle madrepore trovate, si è osservato che in linea generale il

numero maggiore di colonie risultava essere di dimensioni medio-piccole, ovvero comprese tra i 4 ed i 15 cm.

Le colonie di *Cladocora caespitosa* rinvenute in prossimità delle *pilae* scelte come controllo (cont-1 e cont-2) hanno mostrato superfici medie superiori rispetto alle colonie censite nelle vicinanze delle *pilae* scelte come impattate. La popolazione di *C. caespitosa* ritrovata nel presente lavoro è distribuita all'interno della Secca delle Fumose a macchie e le varie colonie, potrebbero formare una cosiddetta “coral community” (Peirano *et al.*, 1994), in maniera simile a quanto già riscontrato in altri siti del basso e medio Adriatico come nella riviera del Conero (Cerrano *et al.*, 2014a).

*Cladocora caespitosa* rappresenta un'importante specie indicatrice in relazione alle anomalie termiche sempre più frequenti durante il periodo estivo degli anni. L'associazione simbiotica tra la madrepora e le alghe zooxanthellae permette di individuare quando l'anomalia inizia a compromettere l'integrità delle colonie che rispondono quindi in modo graduale e visibile allo stress termico. Individuare la comparsa di segni di sofferenza permetterebbe di intervenire regolando attività antropiche che potrebbero andare ad amplificare gli effetti dello stress termico anche su altre specie (Kersting *et al.*, 2013).

Lo sbiancamento conosciuto meglio in ambito internazionale come “bleaching” è un fenomeno che colpisce maggiormente le madrepore tropicali determinando l’arresto della simbiosi con le zooxantelle causata dalla morte di queste. Generalmente lo sbiancamento dei coralli è un segno tangibile della reazione di questi a qualche forma di stress, soprattutto l'aumento della temperatura dell'acqua (Brown, 1997, Coles et al., 1976; Jokiel and Coles, 1977; 1990; Coles and Jokiel 1992).

In generale le cause dello sbiancamento sono naturali, anche se non è del tutto esclusa l'azione dell'uomo, in particolare l'inquinamento.

Un’alterazione del pH del mare o l’aumento della temperatura di fatto diminuisce la capacità di accumulare carbonato di calcio necessario a questi animali per la costruzione o la rigenerazione del calice con la conseguente morte dell’individuo (Marubini et al., 2001; Langdon 2002; Schneider and Erez, 2006; Kleypas and Langdon, 2006).

C’è da aggiungere che i polipi sono estremamente sensibili allo stress meccanico, come il contatto con le pinne piuttosto che le bombole dei sub o il contatto prolungato con le mani, che quindi possono essere considerati come eventuali fattori di pressione che possono influire sul fenomeno.

L’attività antropica nell’AMP di Baia consta maggiormente di attività subacquea e negli ultimi anni, data la richiesta sempre maggiore di escursioni,

la Soprintendenza per i beni archeologici delle province di Napoli e Caserta, ha redatto un regolamento nel gennaio del 2007. Tale regolamento stabilisce che la Soprintendenza si impegna a predisporre a proprie spese, su ogni sito archeologico, un punto di ancoraggio e ad effettuare in ogni zona al massimo n.5 immersioni giornaliere, con guide permanenti e abilitate, per un numero massimo di otto persone ad immersione. E proprio grazie a queste precauzioni che probabilmente si sono limitati gli impatti diretti ed indiretti sulla comunità bentonica dovuti al numero di subacquei e all'ancoraggio delle imbarcazioni (Brown & Taylor, 1999; Milazzo *et al*, 2002), come emerge dall'analisi di questo studio. La presenza di attività antropica incontrollata risulta essere nociva per l'ambiente marino, in quanto i contatti accidentali e volontari con il substrato ledono quelli che sono organismi eretti e duri (Walters & Samways, 2001) rompendo i loro scheletri e formando abrasioni sui loro tessuti (Hawkins & Roberts, 1992).

Le differenze tra siti privi di attività subacquea e siti soggetti quotidianamente alle escursioni subacquee, sono minime: constano solo di una piccola differenza sulle percentuali di copertura degli organismi, che, nei siti soggetti ad attività subacquea, risulta essere inferiore rispetto a quelli collocati fuori dal percorso subacqueo. Questo può essere considerato un indice per valutare positivamente l'attività svolta dall'Ente che gestisce l'intero Parco

Archeologico. Infatti, come sostenuto da Zakai nel 2001, l'uso turistico intensivo o incontrollato dell'attività antropica può causare il danneggiamento di barriere coralline, o in generale di qualunque fondale marino (Jameson *et al.*, 1999; Tratalos & Austin, 2001). A tal proposito, la subacquea è sempre più oggetto di studi, dato che le immersioni ricreative sulle barriere coralline sono in notevole aumento nel corso degli ultimi decenni, a causa di un gran numero di subacquei in formazione, per il crescente interesse al mondo sommerso e per l'accesso, sempre più semplice, alle aree remote sparse in tutto l'emisfero (Davis & Tisdell, 1995; Harriott *et al.*, 1997).

Un'altra ipotesi che spiega il motivo per cui non ci sono state differenze discriminanti tra i siti dei campioni, è che le emissioni delle fumarole sono tali che, nel corso degli anni hanno coinvolto quasi l'intera area campionata, incidendo così sulla totalità degli organismi presenti. Rilevante può essere inoltre, la distanza tra le colonne scelte come controllo e quelle dove si è presunto un impatto. La vicinanza tra tutti i piloni all'interno della secca delle Fumose non ha permesso di scegliere i due siti di controllo e i due di presunto impatto abbastanza lontani tra loro da ottenere controlli che sicuramente non subiscano l'azione, anche indiretta, degli impatti scelti da analizzare (Abbiati, 1991).

Posizionare le stazioni di controllo in siti distanti da quello del presunto impatto, quindi ampliando il piano di campionamento o disporre raccolte di dati in periodi di tempo variabili, potrebbe probabilmente far emergere differenze significative tra le diverse biocenosi del posto.

Bisogna infine ricordare che i risultati di questo studio richiedono ancora un approfondimento dal punto di vista statistico e le conclusioni di questa tesi andrebbero di conseguenza visti più in chiave metodologica e qualitativa, come un punto di partenza per future indagini più approfondite e a lungo termine.

## 5 BIBLIOGRAFIA

- Abbiati, M. (1991). “Metodi di campionamento biologico subacqueo. Lezioni del corso formativo per ricercatore scientifico subacqueo”, *International School for Scientific Diving, Pisa*, 3-12. Abesamis R.A., Russ G.R., 2005. Density-Dependent Spillover from a Marine Reserve: Long-Term Evidence. *Ecological Applications*, 15(5): 1798-1812.
- AEA (1999) L'ambiente nell'Unione europea alle soglie del 2000. Report pubblicato dall'AEA © (Agenzia europea dell'ambiente) Copenaghen 1999.
- AEA (2000) Stato e pressioni sull'ambiente marino e costiero del Mediterraneo. Report pubblicato dall'AEA © (Agenzia europea dell'ambiente) Copenaghen 2000.
- AEA (2002) Europe's biodiversity — biogeographical regions and seas. Environmental issue. Report Pubblicato dall'AEA © (Agenzia europea dell'ambiente) Copenaghen 2002.
- Alcala A.C., Russ G.R., Maypa A.P., Calumpong H.P., 2005. A long-term, spatially replicated experimental test of the effect of marine reserves on local fish yields. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62: 98–108.

- Bressan G., Chemello R., Gravina M. F., Gambi M. C., Peirano A., Cocito S., Rosso A., Tursi A. (2009) Altre principali biocostruzioni. In G. Relini (a cura di), Biocostruzioni marine, elementi di architettura naturale. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (MATTM), museo friulano di storia naturale, Arti Grafiche Friulane/imoco spa, Udine, 22: 89-114.
- Brown BE (1997): Coral bleaching: causes and consequences. *Coral Reefs* 16:S129-S138.
- Brown, P. J. & R. B. Taylor, (1999), "Effects of trampling by humans on animals inhabiting coralline algal turf in the rocky intertidal". *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 235(1): 45±53.
- Cattaneo-Vietti R., Tunesi L. (2007). Le aree marine protette in Italia. Problemi e prospettive. pp. 97-120.
- Cattaneo-Vietti R., Tunesi L., Guidetti P., La Mesa G., Di Lorenzo M., Molinari A., Bussotti S. (2011). Relazione tecnica finale Pre-valutazione dell'Effetto Riserva presso i cinque parchi marini della Liguria - Annualità 2010, 2011.
- Cerrano C., Pica D., Di Camillo C., Bastari A., Torsani F., 2014a. Caratterizzazione biocenotica e restituzione cartografica per l'individuazione di habitat e specie di interesse comunitario nelle aree



prospicienti le aree protette delle Marche. Università Politecnica delle Marche. Relazione Tecnica per la Regione Marche. Pp: 53.

Christie P., White A.T., Deguit E. (2002). *Starting point or solution? Community-based marine protected areas in the Philippines*. Journal of Environmental Management 66: 441-454.

Cicin-Sain, B. and Belfiore, S. (2005). *Linking marine protected areas to integrated coastal and ocean management: A review of theory and practice*. Ocean & Coastal Management 48: 847-68.

Cole P. D., Perrotta A., Scarpati C. (1994). The volcanic history of the south-western part of the city of Naples. Geological Magazine Vol. 131, Issue 6, pp 785-799.

Coles, S. L., Jokiel, P. L., & Lewis, C. R. (1976). Thermal tolerance in tropical versus subtropical Pacific reef corals.

Coles, S. L., & Jokiel, P. L. (1992). Effects of salinity on coral reefs. *Pollution in tropical aquatic systems*, 147-166.

Costanza R., Andrade F., Antunes P., Van den Belt M., Boersma D., Boesch D. F., Catarino F., Hanna S., Limburg K., Low B., Molitor M., Pereira J. G., Rayner S., Santos R., Wilson J., Young M. (1998) Principles for Sustainable Governance of the Oceans. Science 10 July 1998: Vol. 281 no. 5374, pp. 198-199.

- Davis, D., Tisdell, C., (1995). "Recreational SCUBA-diving and carrying capacity in marine protected areas". *Ocean & Coastal Management* 26, 19–40.
- Di Vito, M. A., Isaia, R., Orsi, G., Southon, J., De Vita, S., d'Antonio, M., ... & Piochi, M. (1999). "Volcanism and deformation since 12,000 years at the Campi Flegrei caldera (Italy)". *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 91(2), 221-246.
- Dupont, S. Havenhand, J. Thorndyke, W., Peck, L. & Thorndyke, M. (2008). "Prossimo futuro livello di CO<sub>2</sub>-driven influisce radicalmente la sopravvivenza delle larve e sviluppo nei brittlestar *fragilis Ophiothrix*". *Marzo Ecol. Prog. Ser.*, **373**, 285-294.
- Francour P. (1994). Pluriannual analysis of the reserve effect on ichthyofauna in the Scandola natural reserve. *Oceanologica Acta*. Vol. 3, pp. 309-317.
- Gattuso, JP & Buddemeier, RW (2000). "Ocean biogeochimica: la calcificazione e CO<sub>2</sub>" *Natura*, **407**, 311-313.
- Gertwagen R., Raicevich S., Fortibuoni T., Giovanardi O., 2008. Le interazioni tra uomo ed ambiente nel Mediterraneo dall'Epoca Romana al XIX secolo: una visione storica ed ecologica delle attività di pesca. Atti del II Workshop Internazionale HMAP del Mediterraneo e Mar

Nero. Chioggia, 27-29 settembre 2006. Supplemento ai Quaderni ex ICRAM, 219 pp.

Gosselin, LA & Qian, PY (1997). “La mortalità giovanile in invertebrati marini bentonici”. *Marzo Ecol. Prog. Ser.* **146**, 265-282.

Guidetti P. (2002). Mediterranean MPAs: the importance of experimental design in detecting the effects of protection measures on fish. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. Vol. 12, pp. 619-634.

Guidetti P. e Sala E. (2007). *Community-wide effects of marine reserves in the Mediterranean Sea*. *Marine Ecology Progress Series* 335: 43–56.

Guidetti P., Milazzo M., Bussotti S., Molinari A., Murenu M., Pais A., Spanò N., Balzano R., Agardy T., Boero F., Carrada G., Cattaneo-Vietti R., Cau A., Chemello R., Greco S., Manganaro A., Notarbartolo di Sciara G., Russo G.F., Tunesi L. (2008). *Italian marine reserve effectiveness: does enforcement matter?* *Biological Conservation* 141:699-709.

Halpern B.S., 2003. The impact of marine reserves: Do reserves work and does reserve size matter?. *Ecological Applications*, 13 (1) 117-137.

Halpern B.S. e Warner R.R. (2003). *Matching marine reserve design to reserve objectives*. *Proceedings of the Royal Society, London, B*, 270, 1871–1878.

- Harmelin-Vivien M., Le Diréach L., Bayle-Sempere J., Charbonnel E., García-Charton J. A. , Ody D., Pérez-Ruzafa A., Reñones O., Sánchez-Jerez P., Valle C. (2008). Gradients of abundance and biomass across reserve boundaries in six Mediterranean marine protected areas: Evidence of fish spillover? *Biological Conservation*. Vol. 141, Issue 7, pp 1829-1839.
- Harriott, V., Davis, D., Banks, S., (1997). “Recreational diving and its impact in marine protected areas in Eastern Australia”. *Ambio* 26, 173–179.
- Hawkins, J., Roberts, C.M., (1992). “Effects of recreational SCUBA diving on fore-reef slope communities of coral reefs. *Biological Conservation* 62, 171–178.
- Hawkins, J., Roberts, C.M., (1997). “Estimating the carrying capacity of coral reefs for SCUBA diving. Proceedings of the Eighth” *International Coral Reef Symposium* 2, 1923–1926.
- Jackson J.B.C., Kirby M.X., Berger W.H., Bjorndal K.A., Botsford L.W., Bourque B.J., Bradbury R.H., Cooke R., Erlandson J., Estes J.A., Hughes T.P., Kidwell S., Lange C.B., Lenihan H.S., Pandolfi J.M., Peterson C.H., Steneck R.S., Tegner M.J., Warner R.R., 2001. Historical

overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293: 629–638.

Jameson, S.C., Ammar, M.S.A., Saadalla, E., Mostafa, H.M., Riegl, B., (1999). “A coral damage index and its application to diving sites in the Egyptian Red Sea”. *Coral Reefs* 18, 333–339.

Jokiel, P. L., & Coles, S. L. (1977). Effects of temperature on the mortality and growth of Hawaiian reef corals. *Marine Biology*, 43(3), 201-208.

Jokiel, P. L., & Coles, S. L. (1990). Response of Hawaiian and other Indo-Pacific reef corals to elevated temperature. *Coral reefs*, 8(4), 155-162.

Kellner J.B., Tetreault I., Gaines S. D., Nisbet R. M. (2007). Fishing the line near marine reserves in single and multispecies fisheries. *Ecological Applications*. Vol. 17, pp 1039-1054.

Kersting D.K., Linares C. (2009) Mass mortalities of *Cladocora caespitosa* in relation to water temperature in the Columbretes Islands (NW Mediterranean). Presented in ASLO Aquatic Sciences Meeting, Nice, France.

Kersting DK, Bensoussan N, Linares C (2013) Long-Term Responses of the Endemic Reef-Builder *Cladocora caespitosa* to Mediterranean Warming. *PLOS ONE* 8(8): e70820.

- Kleypas JA, Langdon C (2006): Coral reefs and changing seawater carbonate chemistry. *Coral Reefs and Climate Change: Science and Management*. Coastal and Estuarine Studies 61. Amer Geo Union.
- Kroeker, KJ, Micheli, F., Gambi, M. C., & Martz, T. R. (2011). “Divergent ecosystem responses within a benthic marine community to ocean acidification”. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(35), 14515-14520.
- Kruzic P., Zuljevic A., Nokolic V. (2007) Spawning of the colonial coral *Cladocora caespitosa* (Anthozoa, Scleractinia) in the Southern Adriatic Sea. *Coral Reefs*, 27, 337–341.
- Kruzic P., Benkovic´ L. (2008) Bioconstructional features of the coral *Cladocora caespitosa* (Anthozoa, Scleractinia) in the Adriatic Sea (Croatia). *Marine Ecology*, 29, 125–139.
- Kurihara, H. (2008). “Effetti di CO2 driven l'acidificazione degli oceani sulle prime fasi di sviluppo di invertebrati”. *Marzo Ecol. Prog. Ser.* **373**,275-284.
- Langdon C (2002): Review of experimental evidence for effects of CO2 on calcification of reef builders. *Proceedings 9th International Coral Reef Symposium* pp 1091-1098.

- Ledlie M. N., Graham N. A. J., Bythell J. C., Wilson S. K, Jennings S., Polunin N. V. C., Hardcastle J. (2007). *Phase shifts and the role of herbivory in the resilience of coral reefs*. *Coral Reefs* 26: 13.
- Lubchenco J., Palumbi S., Gaines S., Andelman S. (2003). Plugging a hole in the ocean: the emerging science of marine reserves. *Ecological Applications* 13: 3-7.
- Maione V. (2016) “Parco Archeologico Sommerso di Baia” 8-16.
- Marubini F, Barnett H, Langdon C, Atkinson MJ (2001): Dependence of calcification on light and carbonate ion concentration for the hermatypic coral *Porites compressa*. *Mar Ecol Prog Ser* 220:153-162.
- Micheli F., Halpern B. S., Botsford L. W., Warner R. R. (2004). *Trajectories and correlates of community change in no-take marine reserves*. *Ecological Applications* 14: 1709–1723.
- Milazzo, M., Chemello, R., Badalamenti, F., Camarda, R., & Riggio, S. (2002). “The impact of human recreational activities in marine protected areas: what lessons should be learnt in the Mediterranean sea”, *Marine ecology*,23(s1), 280-290.
- Mumby P.J., Wabnitz C.C., 2002. Spatial patterns of aggression, territory size, and harem size in five sympatric Caribbean parrotfish species. *Environmental Biology of Fishes*, 63:265-279.

Orsi, G., De Vita, S., & Di Vito, M. (1996). "The restless, resurgent Campi Flegrei nested caldera (Italy): constraints on its evolution and configuration", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 74(3-4), 179-214.

Parascandola A. (1947). Fenomeni bradisismici del Serapeo di Pozzuoli.

Pauly D., Christensen V., Dalsgaard J., Froese R., Torres F.J., 1998. Fishing down marine food webs. *Science*, 279: 860-863.

Por F. D. (1978). Lessepsian migration: the influx of Red Sea biota into the Mediterranean by way of the Suez canal. Springer, Berlin-Heidelberg. Vol 23, pp. 87-116.

Peirano A., Morri C., Mastronuzzi G., Bianchi C.N., 1994. The coral *Cladocora caespitosa* (Anthozoa, Scleractinia) as a bioherm builder in the Mediterranean Sea. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. LII, Pp. 59-74.

Peirano A., Morri C., Bianchi C.N., Metalpa R. (2001) Biomass, carbonate standing stock and production of the Mediterranean coral *Cladocora caespitosa* (L.). *Facies*, Erlagen, 44:75–80.

Perez T., Garrabou J., Sartoretto S., Harmelin J.G., Francour P., Vacelet J. (2000) Mortalite' massive d'inverte'bre's marins: un e've'nement sans pre'ce'dent en Me'diterrane'e nord-occi- dentale. *Comptes Rendus de*



*l'Acadé'mie des Sciences Paris, Sciences de la vie / Life Sciences*, 323, 853–865.

Pomeroy, R. S., Parks, J. E., Watson, L. M., 2004. How is your MPA doing? A Guidebook of Natural and Social Indicators for Evaluating Marine Protected Area Management Effectiveness. IUCN. Gland, Switzerland, Cambridge, UK, 216 pp. Primack R.B., 2010. Essentials of Conservation Biology. Fifth Edition. Sinauer Associates, Sunderland, 535 pp.

Primarck R., Carotenuto L. (2003). Conservazione della Natura. Zanichelli. pp. 286-302.

Riegl, B., Cook, P.A., (1995). “Is damage susceptibility linked to coral community structure? A case study from South Africa”. *Beitrage zur Palaontologie* 20, 65–73.

Roberts C.M., Hawkins J.P., 1999. Extinction in the sea. *Trends in Ecology and Evolution*, 14: 241- 246.

Roberts C.M., Hawkins J.P., 2000. *Fully-protected marine reserves: a guide*. WWF Endangered Seas Campaign, NW, Washington, DC 20037, USA and Environment Department, University of York, York, UK. 132 pp.

- Rodolfo-Metalpa R., Bianchi C.N., Peirano A., Morri C. (2005) Tissue necrosis and mortality of the temperate coral *Cladocora caespitosa*. *Italian Journal of Zoology*, 72, 271–276.
- Rouphael, A.B., Inglis, G.J., (1997). “Impacts of recreational SCUBA diving at sites with different reef topographies”. *Biological Conservation* 82, 329–336.
- Schleyer, M.H., Tomalin, B.J., (2000). “Damage on South African coral reefs and an assessment of their sustainable diving capacity using a fisheries approach”. *Bulletin of Marine Science* 67, 1025–1042.
- Schneider K, Erez J (2006): The effect of carbonate chemistry on calcification and photosynthesis in the hermatypic coral *Acropora eurystroma*. *Limnol Oceanogr* 51(3),2006,1284-1293.
- Simeone M., Masucci P. (2009) – Analisi geo-archeologiche nell’Area Marina Protetta Parco Sommerso di Gaiola (Golfo di Napoli). *Il Quaternario -Italian Journal of Quaternary Sciences*, 22(1).
- Simeone M., Cotugno M., Masucci P., Sardo A., Cecere A., Borriello I., Sensale G., Psomadakis P., Giustino S., Guido Villani G., Pompa G. (2010). Relazione tecnica “servizio ordinario di monitoraggio biologico ambientale del Parco sommerso di Gaiola”.

- Steneck R.S. (1997) Fisheries-induced biological changes to the structure and function of the Gulf of Maine Ecosystem. Plenary Paper. pp. 151-165.
- Tratalos, J.A., Austin, T.J., (2001) “Impacts of recreational SCUBA diving on coral communities of the Caribbean island of Grand Cayman”. *Biological Conservation* 102, 67–75.
- Walters, R. D. M., & Samways, M. J. (2001). “Sustainable dive ecotourism on a South African coral reef”, *Biodiversity and conservation*,10(12), 2167-2179.
- White C., Kendall B. E., Gaines S., Siegel D. A., Costello C. (2008). Marine reserve effects on fishery profit. *Ecology Letters*. Vol. 11, Issue 4, pp. 370-379.
- Worm B., Barbier E.B., Beaumont N., Duffy J.E., Folke C., Halpern B.S., Jackson J.B., Lotze H.K., Micheli F., Palumbi S.R., Sala E., Selkoe K.A., Stachowicz J.J., Watson R. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314: 787–790.
- Villa F., Tunesi L., Agardy T., 2002. Optimal zoning of marine protected areas through spatial multiple criteria analysis: the case of the Asinara Island National Marine Reserve of Italy. *Conservation Biology*, 16 (2): 1-12.

Vinebrooke, R. D. OTHERS. (2003). “Trophic dependence of ecosystem resistance and species compensation in experimentally acidified Lake” 302S (Canada). *Ecosystems*, 6, 101-113.

Zibrowius H. (1980) Les Scle´ractiniaires de la Me´diterrane´e et de l’Atlantique nord-oriental. *Me´moires de l’Institut Oc’eano- graphique de Monaco*, 11, 1–284.

<http://www.minambiente.it>

<http://www.parlamento.it>

<https://www.senato.it/home>

<https://www.gazzettaufficiale.it/>