

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA  
ALMA MATER STUDIORUM**

---

**SCUOLA DI SCIENZE  
Corso di Laurea Magistrale in  
BIOLOGIA MARINA**

**Tesi di laurea in:  
Habitat marini: rischi e tutela**

**“Distribuzione, prevalenza e *host range* della *Skeleton Eroding Band* nell’Atollo di Faafu, Repubblica delle Maldive.”**

Candidato:

**Matteo Monti**

Relatore:

***Prof. Marco Abbiati***

Correlatore:

***Prof. Paolo Galli***

Sessione III

---

Anno Accademico 2012/201

*“Ogni cosa che puoi immaginare, la Natura l’ha già creata.”*

Albert Einstein

## ABSTRACT

Lo studio delle malattie che colpiscono i coralli rappresenta un campo di ricerca relativamente nuovo e poche sono le ricerche che si sono concentrate nella regione dell'Oceano Indo-Pacifico, in particolare nella Repubblica delle Maldive. Lo scopo di questa ricerca è stato quello di approfondire le conoscenze riguardo distribuzione, prevalenza e *host range* della *Skeleton Eroding Band* (SEB) nell'atollo di Faafu. Durante questo lavoro, svolto in campo tra il novembre e il dicembre 2013, sono state indagate le isole di: Magoodhoo, Filitheyo e Adangau al fine di rilevare differenze nei livelli di prevalenza della SEB in relazione ai diversi gradi di utilizzo da parte dell'uomo delle tre isole maldiviane. Il piano di campionamento di questo studio ha previsto la scelta casuale, in ciascuna delle 3 isole, di 4 siti di campionamento in cui sono stati raccolti i dati mediante l'utilizzo dei metodi del *belt transect* e del *point intercept transect* a due profondità predefinite. La *Skeleton Eroding Band* è stata ritrovata con una prevalenza media totale di 0,27% e dai risultati dell'analisi statistica le differenze fra le isole non sono apparse significative. Questo fatto ha reso possibile ipotizzare che i livelli di prevalenza della SEB differiscano a causa di leggere oscillazioni casuali di carattere naturale e che quindi non siano dovute a dinamiche legate al diverso sfruttamento delle isole da parte dell'uomo. I generi *Acropora* e *Pocillopora* sono risultate le sclerattinie maggiormente colpite dalla patologia con valori di prevalenza totale rispettivamente di 0,46% e 1,33%. Infine è stata rilevata una correlazione positiva tra il numero di colonie di madrepora affette da SEB e il numero di colonie in cui la malattia è associata alla presenza di lesioni provocate da danni meccanici o dall'attività predatoria di pesci corallivori o echinodermi carnivori come *Achantaster plancii*. I dati di prevalenza della *Skeleton Eroding Band* ottenuti in questo lavoro e le previsioni di cambiamenti climatici in grado di aumentare distribuzione, *host range*, abbondanza e virulenza di tale patologia, pongono l'accento sulla pressante necessità di chiarire il ruolo delle malattie dei coralli nel deterioramento, resilienza e recupero dei *coral reefs* di tutto il mondo, al fine di attuare politiche di gestione adatte alla protezione di questi tanto meravigliosi quanto fragili ecosistemi.

# INDICE

<b><u>1. INTRODUZIONE</u></b>	<b><u>1</u></b>
<b>1.1 CORALLI E FORMAZIONI MADREPORICHE</b>	<b>1</b>
<b>1.2 MINACCE E IMPATTI ANTROPICI SUI <i>CORAL REEFS</i></b>	<b>2</b>
<b>1.3 MALATTIE DEI CORALLI</b>	<b>4</b>
<b>1.4 MALATTIE: IL CASO DELL'INDOPACIFICO</b>	<b>6</b>
<b>1.5 REPUBBLICA DELLE MALDIVE: <i>CORAL REEFS</i>, MINACCE E IMPATTI</b>	<b>7</b>
<b>1.6 MALATTIE ALLE MALDIVE</b>	<b>10</b>
1.6.1 <i>BLACK BAND DISEASE</i> (BBD)	11
1.6.2 <i>ULCERATIVE WHITE SPOT DISEASE</i> (UWS)	11
1.6.3 <i>WHITE SYNDROME</i>	11
1.6.4 <i>BROWN BAND DISEASE</i> (BrBD)	12
<b>1.7 <i>SKELETON ERODING BAND</i></b>	<b>12</b>
<b><u>2. SCOPO DELLO STUDIO</u></b>	<b><u>15</u></b>
<b><u>3. MATERIALI E METODI</u></b>	<b><u>16</u></b>
<b>3.1 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO</b>	<b>16</b>
<b>3.2 PIANO DI CAMPIONAMENTO</b>	<b>17</b>
<b>3.3 METODI DI CAMPIONAMENTO UTILIZZATI</b>	<b>19</b>
3.3.1 <i>BELT TRANSECT</i>	19
3.3.2 <i>POINT INTERCEPT TRANSECT</i> (PIT)	24
3.3.3 VALUTAZIONE DELLO STATO DI SFRUTTAMENTO	26
3.3.4 RICONOSCIMENTO MALATTIE	26
<b>3.4 ANALISI STATISTICA</b>	<b>27</b>
3.4.1 ANALISI MULTIVARIATA	27

<b><u>4. RISULTATI</u></b>	<b><u>29</u></b>
<b>4.1 MAGOODHOO</b>	<b>31</b>
4.1.1 ANALSI DELLA COMPOSIZIONE BENTONICA	31
4.1.2 PREVALENZA DELLA <i>SKELETON ERODING BAND</i>	32
4.1.3 ANALISI CHIMICA DELLE ACQUE	38
<b>4.2 FILITHEYO</b>	<b>39</b>
4.2.1 ANALSI DELLA COMPOSIZIONE BENTONICA	39
4.2.2 PREVALENZA DELLA <i>SKELETON ERODING BAND</i>	40
4.3.3 ANALISI CHIMICA DELLE ACQUE	46
<b>4.3 ADANGAU</b>	<b>47</b>
4.3.1 ANALSI DELLA COMPOSIZIONE BENTONICA	47
4.3.2 PREVALENZA DELLA <i>SKELETON ERODING BAND</i>	48
4.3.3 ANALISI CHIMICA DELLE ACQUE	54
<b>4.4 CONFRONTO TRA ISOLE</b>	<b>55</b>
<b>4.5 DANNI MECCANICI E <i>SKELETON ERODING BAND</i></b>	<b>60</b>
<b><u>5. DISCUSSIONE</u></b>	<b><u>62</u></b>
<b>5.1 CARATTERIZZAZIONE DEI <i>REEFS</i> OGGETTO DI STUDIO</b>	<b>62</b>
<b>5.2 <i>SKELETON ERODING BAND</i></b>	<b>63</b>
5.2.1 CONSIDERAZIONI A LIVELLO DI ISOLE	65
5.2.2 CONSIDERAZIONI A LIVELLO DI PROFONDITA' E SITI	66
<b><u>6. CONCLUSIONI</u></b>	<b><u>68</u></b>
<b><u>7.BIBLIOGRAFIA</u></b>	<b><u>72</u></b>

# 1. INTRODUZIONE

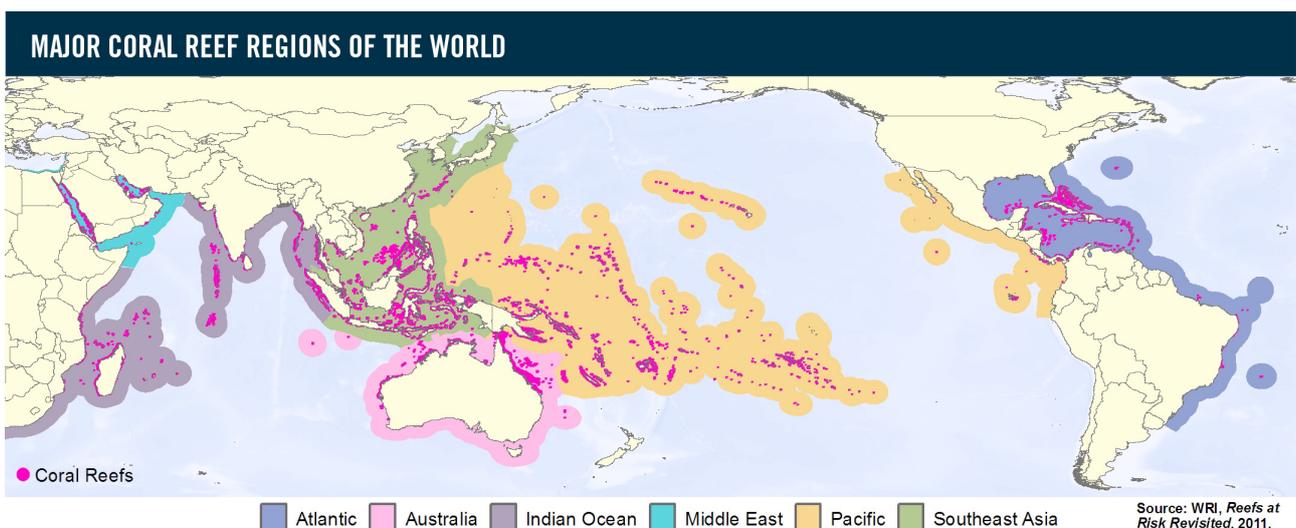
## 1.1 CORALLI E FORMAZIONI MADREPORICHE

Le formazioni madreporiche sono ecosistemi costieri limitati a mari tropicali e rappresentano solo circa lo 0,2% della superficie degli oceani. Esse costituiscono un ecosistema di grande complessità e interesse (Cesar, 2000) contenendo più del 25% delle specie marine conosciute (Roberts, 2003). Le scogliere coralline sono strutture biocostruite principalmente dagli scheletri carbonatici di diversi organismi animali e vegetali. I principali biocostruttori sono organismi appartenenti al Phylum *Cnidaria* con fase medusoide ridotta o assente: i coralli (*Cnidaria*, *Anthozoa*, *Scleractinia*). Questo termine per quanto ampiamente usato, non ha una valida definizione tassonomica, in quanto dovrebbe essere correttamente utilizzato solo per indicare le specie del genere *Corallium*, gorgonacei di cui fa parte anche il *Corallium rubrum*, cioè il corallo rosso mediterraneo. Comunemente però con il termine corallo ci si riferisce a organismi appartenenti all'ordine *Scleractinia* (o *Madreporari*), i quali presentano uno scheletro di carbonato di calcio. Con il termine biocostruttore si indicano solo coralli e altri organismi capaci di contribuire alla formazione di strutture topografiche e biogeniche positive, resistenti all'azione del moto ondoso, e persistenti per un lungo periodo di tempo (Guilcher, 1988). I coralli biocostruttori, o ermatipici, sono animali coloniali costituiti da numerose unità: i polipi. Essi vivono in simbiosi mutualistica con alghe unicellulari fotosintetiche che si trovano all'interno dei loro tessuti: le zooxantelle, dinoflagellati del genere *Symbiodinium* (Odum & Odum, 1955). La relazione simbiotica tra produttori primari e consumatori rende possibile il riciclaggio dei nutrienti e costituisce il fattore chiave che spiega l'elevata produttività dei *reefs* e quindi la rigorosa necessità per l'ambiente di possedere questi ecosistemi (Cesar, 2000). Infatti le alghe simbiotiche offrono nutrimento ed energia al polipo andando a soddisfare più del 90% del suo fabbisogno energetico (Muscatine, 1990), mentre quest'ultimo fornisce loro elementi fondamentali per il processo fotosintetico, come ammonio e fosfato (Trench, 1979) e, trovandosi al suo interno, godono della sua protezione. Un'altra caratteristica di questa simbiosi è la capacità delle zooxantelle di favorire la deposizione del carbonato di calcio contribuendo alla costruzione delle formazioni coralline (Hickman *et al.* 2009). Ciò sembra avvenire perché l'utilizzo della CO<sub>2</sub> nel processo fotosintetico da parte delle alghe dinoflagellate sposta l'equilibrio della seguente reazione verso destra:



Le scogliere coralline si ritrovano per la maggior parte in acque calde, poco profonde, limpide, a basso tasso di sedimentazione e a basso contenuto di nutrienti; caratteristiche tipiche delle acque

delle regioni tropicali e sub-tropicali (Buddemeier & Wilkinson, 1994) con temperature dell'acqua che vanno dai 18°C ai 30°C, con intervalli di salinità tra il 32 e il 40‰ e un optimum di 36‰ (Veron, 1986), a una profondità media di circa 50-60 m (fig 1.1.1). Questi ecosistemi esistono da circa 250 milioni di anni, (Roberts, 2003) e sono unici al mondo per bellezza, spettacolarità e rinomati per gli altissimi livelli di biodiversità e produttività (Hoegh-Guldberg, 1999). Tali caratteristiche le rendono di fondamentale importanza sia da un punto di vista biologico ed ecologico, che da un punto di vista sociale ed economico. Costituiscono infatti una fonte di reddito per centinaia di milioni di persone (Hoegh-Guldberg, 1999) che le sfruttano per ricavarne cibo, prodotti farmaceutici, mangimi per bestiame, medicinali e materiale per costruire (Obura, 2003). Rappresentano inoltre una forte attrattiva per i turisti, portando così un incremento delle entrate locali e favorendo gli scambi con paesi esteri (Grimsditch & Salm, 2006). Di notevole importanza è infine il ruolo delle scogliere di protezione naturale della costa dall'erosione causata dal moto ondoso, permettendo la formazione di ecosistemi a esse strettamente associati come praterie di fanerogame e foreste di mangrovie (Cesar, 2000).



**Figura 1.1.1-** Distribuzione globale delle scogliere coralline

## 1.2 MINACCE E IMPATTI ANTROPICI SUI CORAL REEFS

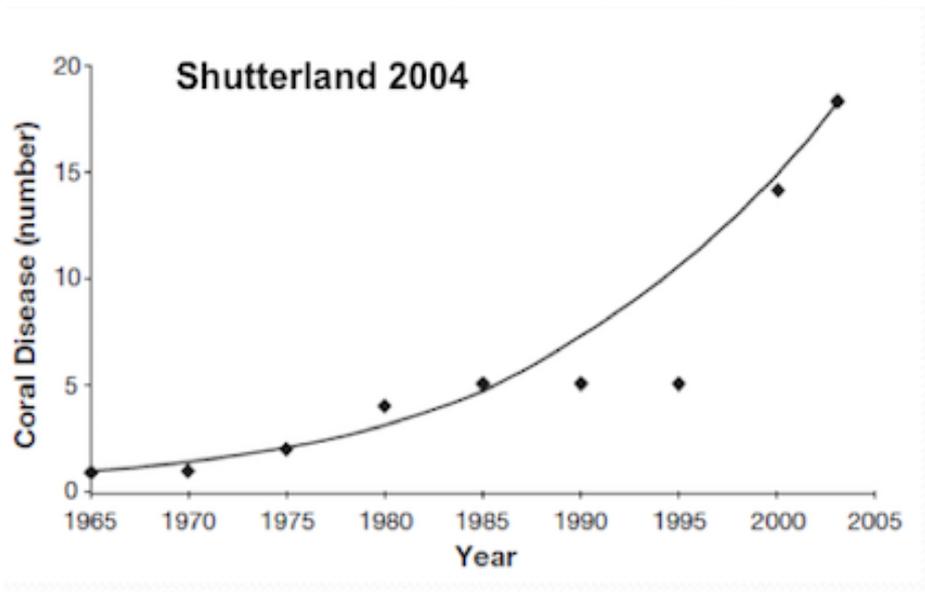
I *coral reefs* di tutto il mondo sono sottoposti a molte minacce che vanno a minare il loro stato di salute. Queste minacce o disturbi possono essere classificati come biotici quando causate da fattori biologici, come le malattie, o abiotiche causate da fattori ambientali naturali o indotti dall'uomo. Uno dei disturbi ambientali più catastrofici degli ultimi anni è il *coral bleaching* (Marshall &

Shuttenberg, 2004). Tale fenomeno, che letteralmente significa sbiancamento dei coralli, consiste nella perdita delle alghe dinoflagellate simbionti e/o dei pigmenti fotosintetici dai tessuti del polipo (Brown, 1997) in seguito a molteplici situazioni di stress. La perdita delle zooxantelle e con esse i loro pigmenti fotosintetici responsabili della colorazione dei coralli, lascia i tessuti dei polipi trasparenti, rivelando lo scheletro calcareo bianco sottostante e conferendo al corallo un aspetto pallido (Marshall & Shuttenberg, 2004). Diversi fattori di stress sono stati individuati come potenziali responsabili del *coral bleaching*, ma nella maggior parte dei casi ciò è attribuibile alle elevate temperature (Brown, 1997). L'intervallo di temperatura in cui i coralli ermatipici tipicamente svolgono le normali attività metaboliche va da 24°C a 30°C (Hoegh-Guldberg & Smith, 1989). Esiste una grande variabilità nelle risposte dei singoli coralli agli stress termici, e questa variabilità di comportamento è stata osservata, nel corso di numerosi studi, all'interno della stessa colonia, tra colonie della stessa specie e tra colonie appartenenti a diverse specie (Loya *et al.*, 2001; Baird & Marshall, 2002; Shuttenberg, 2004; Montano *et al.*, 2010). Surriscaldamenti delle acque superficiali di breve durata e di 3-4°C oltre la normale soglia possono portare a sbiancamento dei coralli, così come aumenti di lunga durata di 1-2°C (Jokiel & Coles, 1990). Inoltre, mentre alcuni coralli mostrano segni evidenti di *bleaching* dopo solamente una o due settimane di esposizione a temperature superiori a 1,5°C rispetto ai normali valori massimi, altri coralli, nella stessa località geografica, non sbiancano nemmeno se le alte temperature persistono per più di 4/6 settimane (Jokiel & Coles, 1990). Questa differente sensibilità agli stress termici è stata inoltre messa in relazione alle differenti forme di crescita (Coles & Brown, 2003), in particolare i generi con forma ramificata, come *Acropora*, *Pocillopora* e *Seriatopora* sono ritenuti tra i più suscettibili allo sbiancamento, mentre generi con forma massiva o incrostante, tra i quali *Porites*, *Favia*, *Favites*, *Echinopora*, *Platygyra* e *Galaxea*, presentano una più bassa sensibilità a tale fenomeno (Marshall & Baird, 2000). Altri fattori ambientali che concorrono allo sbiancamento possono essere: stress ossidativi (Lindquist, 1986), elevate radiazioni UV, incremento di xenobiotici e metalli pesanti nelle acque (Sanders, 1993), estremi valori di pH (Koziol *et al.*, 1996), fattori chimici, quali ioni rame, cianuro (Jones & Stevens, 1997), erbicidi e pesticidi. Nonostante la loro grande importanza, le formazioni madreporiche sono tra i più fragili e delicati ecosistemi del mondo, essendo minacciate soprattutto dall'attività umana, dal sovra-sfruttamento delle risorse, oltre che dai cambiamenti naturali e ambientali (Moberg & Folke, 1999). Disturbi come la pesca eccessiva e distruttiva, i rifiuti, l'aumento degli eventi di sedimentazione a causa di uno sconsiderato sfruttamento dell'ecosistema terrestre, l'eccessivo sviluppo della zona costiera, l'aumento dei predatori corallivori, la presenza di specie invasive e lo sviluppo di turismo non sostenibile hanno ormai definitivamente minato la salute dei *reefs* di tutto il mondo (Grimsditch & Salm, 2006); si stima

infatti che il 20% delle scogliere coralline siano già andate distrutte, circa il 24% siano in pericolo imminente di scomparire, e un buon 26% sotto il pericolo costante di un futuro collasso (Wilkinson, 2004). Previsioni effettuate da Hoegh-Guldeberg (1999), inoltre, denotano un aumento delle temperature delle acque superficiali oceaniche nell'ordine di 1-3°C entro il 2050, ciò andrà a provocare un sensibile incremento della frequenza ed intensità dei fenomeni di *bleaching* causando la morte di più del 60% dei coralli totali negli oceani.

### **1.3 MALATTIE DEI CORALLI**

Col termine malattia dei coralli s'intende in senso generale qualsiasi impedimento (interruzione, cessazione, indebolimento o altri disordini) delle funzioni vitali corporee, sistemiche o organiche che si discostano dal normale stato di salute (Stedman, 2000). Esse possono essere causate da fattori biotici, da fattori abiotici oppure da una combinazione di entrambi. Malattie abiotiche dei coralli, come lo sbiancamento, sono il risultato di stress ambientali sia naturali che indotti dall'uomo tra cui cambiamenti nelle condizioni ambientali o esposizione ad agenti inquinanti. I fattori biotici responsabili dello sviluppo di patologie nelle sclerattinie possono essere rappresentati da organismi di varia natura quali: protisti, funghi, e batteri. Lo studio di queste malattie rappresenta un campo di ricerca relativamente nuovo sviluppatosi velocemente a partire dal primo report nel 1965 in cui venne descritta la prima malattia identificata come *Skeletal anomalies* (Squires, 1965); negli anni successivi sempre più sindromi sono state rinvenute sulle sclerattinie, ma in particolare da 20 anni ad oggi studi ecologici di monitoraggio hanno indicato un aumento esponenziale di queste malattie (Raymundo *et al.*, 2005; Sokolow, 2009). Tale incremento è relativo sia alla scoperta di nuove patologie sia al numero di ospiti colpiti (Harvell *et al.*, 1999; Aronson & Precht, 2001; Porter *et al.*, 2001). Inoltre anche l'aumento delle ricerche e il miglioramento delle tecniche di indagine potrebbero giocare un ruolo importante nell'incremento del numero delle sindromi; ciononostante esse denotano significative perdite di percentuali di ricoprimento dovute alle patologie (Weil *et al.*, 2006), confermando un trend negativo con sempre più località di *reef* di tutto il mondo soggette a questa minaccia. Gli agenti patogeni, gli effetti fisiologici, i meccanismi che portano alla mortalità dell'ospite, la prevalenza, l'incidenza e il tasso di diffusione nelle popolazioni naturali rimangono però ancora poco comprese (Richardson, 1998; Sutherland *et al.*, 2004) (fig. 1.3.1).



**Figura 1.3.1-** Andamento del numero di malattie dei coralli scoperte dagli anni '60

Una possibile spiegazione al notevole incremento del numero di patologie negli ultimi 20 anni può essere relativo al fatto che le condizioni ambientali sono state alterate da una serie di attività umane come: l'arricchimento in nutrienti delle acque (aumento delle concentrazioni di nitrati e fosfati), pratiche di acquacoltura (Harvell *et al.*, 1999), sovra sfruttamento della pesca (Pandolfi *et al.*, 2005) e l'introduzione di agenti chimici (Owen *et al.*, 2002) che potrebbero aver determinato una diminuzione della resistenza dell'ospite e/o un aumento della virulenza e della fitness dei patogeni (Hayes *et al.*, 2001; Harvell *et al.*, 2002). Attualmente si contano 29 diverse patologie nei Caraibi (Weil, 2004), 7 nell'Oceano Indo-Pacifico (Willis *et al.* 2004), mentre solamente 4 sembrano essere presenti a livello globale (Sutherland *et al.* 2004). Tra di esse ritroviamo la *Balck Band Disease* (Antonius, 1973), *White Plague Type I* (Dustan, 1977), *Shut-Down Reaction* (Antonius, 1977), *White Band Type I* (Gladfelter, 1982), *Aspergillois* (Smith *et al.*, 1966), *White Pox Disease* (Holden, 1966), *Vibrio Shiloi-Induced Bleaching* (Kushmaro *et al.*, 1966), *Yellow Blotch/Band* (Santavy & Peters, 1997), *White Plague Type II* (Richardson *et al.* 1998), *White Band Type II* (Ritchie & Smith, 1998), *Yellow Band* (Korrûbel & Riegl, 1998), *Dark Spots* (Goreau *et al.* 1998), *Skeleton Eroding Band* (Antonius & Lipscomb, 2001), *Fungal-Protozoan Syndrome* (Cerrano *et al.* 2000) , *White Plague Type III* (Richardson *et al.*, 2001) , *Pink-Line Syndrome* (Ravindran *et al.*, 2002), *Vibrio Coralliilyticus-Induced Bleaching and Disease* (Ben-Haim & Rosenberg, 2003), *Brown Band Disease* (Willis *et al.*, 2004). Queste sindromi sono responsabili di alterazioni dello stato di salute della colonia di corallo, che si manifestano come una riduzione della fertilità, del tasso medio di crescita della colonia, e dei loro tassi di calcificazione. Infine, ma non meno importante, sono responsabili della morte della colonia (Harvell *et al.*, 2002). Inoltre, a livello di comunità, possono portare a una diminuzione della ricchezza in specie a causa della perdita delle

specie più sensibili (Galloway *et al.*, 2009) e di conseguenza determinano cambiamenti nella composizione della comunità naturale stessa. Eventi di tale portata si sono già verificati nei *reefs* del Belize in cui si è passati da un ambiente dominato da Acroporidi ad un ecosistema nuovo e dominato da Agaricidi (Aronson *et al.*, 2002). Per tutti questi motivi le malattie che affliggono i coralli sono ormai essere ritenute tra i più importanti fattori che contribuiscono al declino dei *coral reefs* di tutto il mondo (Harvell *et al.*, 1999; Rosenberg & Ben-Haim, 2002). Possibili indicatori delle varie malattie sono: perdita di tessuto, crescite e colorazioni anomale, sovraccrescita algale, ed eccessiva sedimentazione. Inoltre organismi quali pesci corallivori (come i chetodontidi), gasteropodi (come *Drupella*) ed echinodermi predatori (*Acanthaster planci*), possono avere il duplice ruolo di agente stressante e di vettore di trasmissione della patologia durante la loro attività di nutrizione, lasciando lesioni sul corallo che sembrano essere punti più facilmente colonizzabili dagli organismi patogeni (Aeby, 1998; Aeby & Santavy, 2006).

#### **1.4 MALATTIE: IL CASO DELL'INDOPACIFICO**

Le malattie che affliggono i coralli sono state principalmente studiate nella regione Caraibica (Green & Bruckner, 2000; Croquer *et al.*, 2006) e Pacifica (Page & Willis, 2007). La regione del Mar dei Caraibi, pur presentando una bassa biodiversità di coralli (62 specie solamente (Veron, 2000)), è considerata un *hot spot* per quanto riguarda queste sindromi a causa del numero di malattie descritte, la frequenza con cui vengono scoperte e l'aumento degli eventi epizootici associati, per la loro rapida diffusione in nuove località e nuovi ospiti. Infatti l'82% delle specie di coralli ermatipici in questa zona è ospite target di almeno una patologia. (Burke *et al.*, 2011). Al contrario poche ricerche hanno focalizzato la loro attenzione sui *reefs* dell'Indo-Pacifico, dove la maggior parte degli studi si concentrano appunto nella parte Pacifica della regione. Tuttavia le formazioni madreporiche della regione indopacifica comprendono 581 specie di sclerattinie rappresentando il 91% delle scogliere coralline di tutto il mondo (Veron, 2000). Per quanto l'elevata biodiversità potrebbe essere molto efficace nel diminuire la velocità di propagazione delle malattie nelle sclerattinie, in quanto legate ad un determinato ospite e quindi più sfavorite all'interno di comunità complesse, questa caratteristica delle formazioni madreporiche indopacifiche potrebbe celare un'altrettanta elevata diversità di organismi patogeni. I pochi studi in questa regione hanno rilevato la presenza di malattie nelle Filippine (Raymundo *et al.*, 2005), Guam (Myers & Raymundo, 2009), Grande Barriera Corallina (Willis *et al.*, 2004), Hawaii (Aeby 2005), East Africa (McClanahan 2004), Indonesia (Haapkylä *et al.* 2007), il Golfo di Eilat (Barash *et al.* 2005), Giappone (Weil 2012) e Maldive (Montano *et al.*, 2012) ponendo l'accento su come queste patologie ormai siano

diventate una vera minaccia contribuendo così all'aumento del declino dei *reefs* corallini indo-pacifici.

### **1.5 REPUBBLICA DELLE MALDIVE: CORAL REEFS, MINACCE E IMPATTI**

La Repubblica delle Maldive (latitudine da 7°06' N a 00°45' S e longitudine da 72°13' E a 73°45' E) è costituita da una cintura di atolli corallini, situati al di sotto del subcontinente indiano e delle Isole Laccadive a circa 700km dallo Sri Lanka. Le Maldive sono formate da 26 atolli e circa 1190 strutture coralline (Zahir, 2000), con lagune la cui profondità varia tra i 40 e i 60 m e isole di dimensioni che vanno da 0,5 a 2 chilometri quadrati, occupando un'area totale di 90000 km<sup>2</sup> (<http://www.themaldives.com/>) (fig1.5.1). Le scogliere coralline di questo Paese occupano il settimo posto a livello mondiale con un'area totale di 8920 km<sup>2</sup>, rappresentando così il 5% dei *reefs* corallini di tutto il mondo (Spalding *et al.* 2001). Le caratteristiche principali di queste isole sono state descritte in un lavoro di Bianchi *et al.* nel 1997: il suolo è formato principalmente da sabbia di origine corallina e la vegetazione, composta soprattutto di palme da cocco, mangrovie e piante resistenti al sale, è piuttosto scarsa (Naseer, 1997). Molti atolli presentano, nella laguna, scogliere coralline dall'insolita forma ad anello chiamati "Faros", dove si possono inoltre trovare piccoli *reefs* isolati o banchi sparsi di corallo (*patch reefs*). Nelle zone di laguna poco profonde si possono ritrovare spesso praterie di fanerogame le quali offrono rifugio a molti organismi durante gli stadi giovanili (Shakeel & Hudha, 1997). Le scogliere coralline che delimitano le lagune o che si affacciano sull'oceano aperto presentano un pendio molto ripido: nelle zone superiori esso è dominato da coralli zooxantellati, mentre zone più profonde sono invece caratterizzate da coralli ramificati non-zooxantellati e quindi del tutto eterotrofi. Le comunità coralline maldiviane sono state studiate per la prima volta durante la "Spedizione Xarifa" nel 1958 (Wallace & Zahir, 2007); nel 1987 Sheppard identificò 166 specie, ma uno studio più recente ha portato il numero complessivo delle specie di coralli a 248 appartenenti a 57 generi (Pichon & Benzoni, 2007). Le Maldive sono caratterizzate da un clima tropicale tipicamente caldo e umido con una temperatura media annuale di 28°C, con punte estreme massime di 32°C e minime di 25°C. Il clima è inoltre caratterizzato da due periodi monsonici: quello che va da Aprile a Novembre con il monzone sud-occidentale quello che va da Dicembre a Marzo in cui soffia il monzone nord-orientale. Questo arcipelago è costituito interamente da *reefs* corallini che, essendo soggetti a condizioni ambientali relativamente costanti, sono costituiti da organismi ed ecosistemi molto poco adatti alle fluttuazioni ambientali (McClanahan *et al.*, 2002). Infatti, nonostante la loro grande importanza e la loro persistenza attraverso le ere geologiche (Hoegh-Guldberg, 1999), essi sono tra i più fragili, delicati

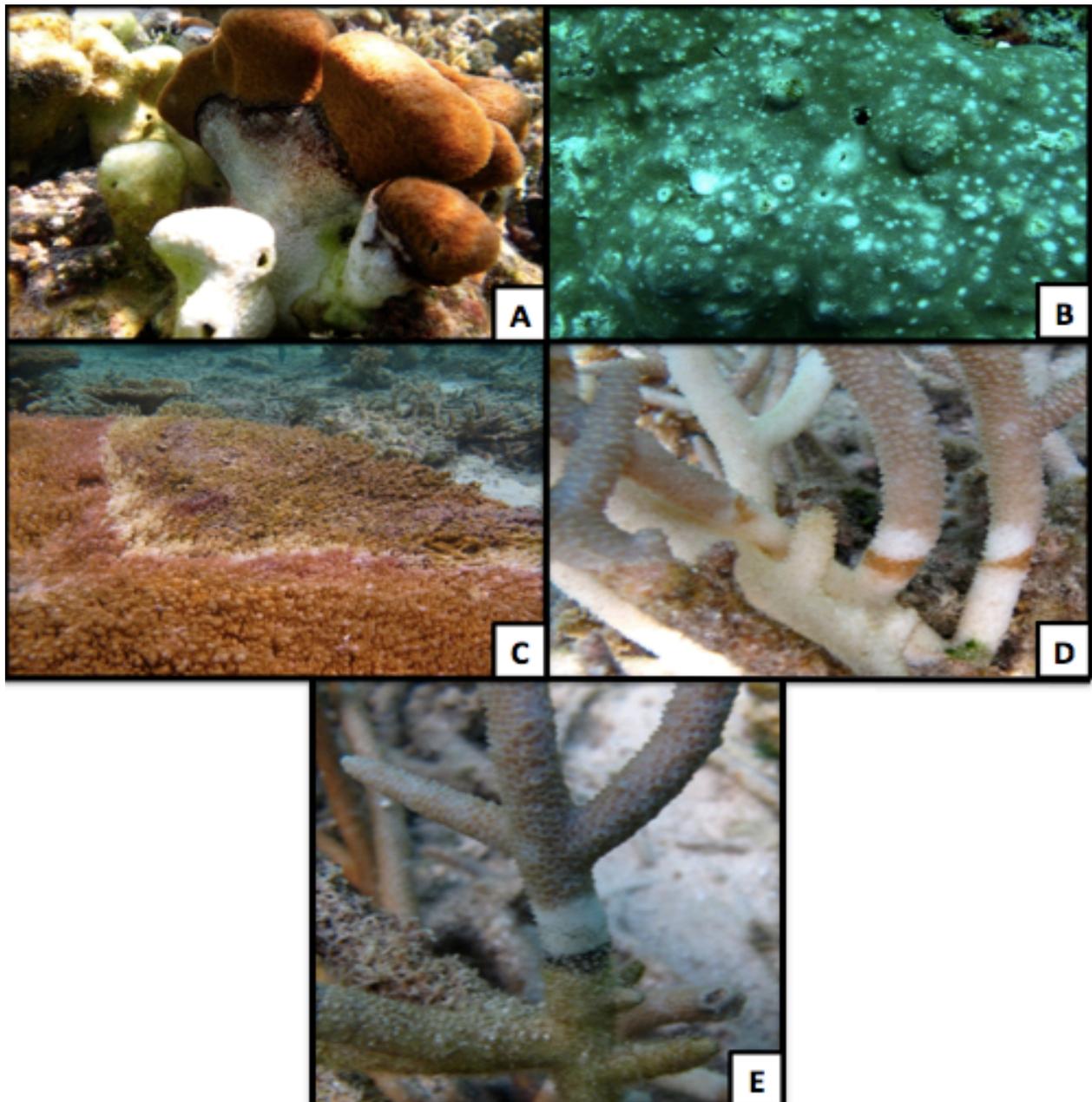
e vulnerabili ecosistemi del mondo (Moberg & Folke, 1999). Una situazione drammatica per i *reefs* corallini maldiviani si è verificata nel 1998 come conseguenza del fenomeno di *El Niño* con un evento di *bleaching* straordinario che ha portato la mortalità dei coralli vicina al 100% con effetti diversi in relazione alle specie e località dell'arcipelago colpite (Bianchi *et al.*, 2003). La copertura di corallo vivo, dopo essere diminuita fino a valori tra 2 e l'8% subito dopo l'evento di mortalità di massa, ha mostrato segni recupero con punte tra il 12-37% nei successivi 8 anni (Lasagna, 2008). Tale evento ha portato però anche un cambiamento qualitativo nelle comunità coralline con uno *shift* da formazioni madreporiche dominate dal genere *Acropora* sostituite con comunità dominate dal genere *Porites*, con varie conseguenze sulla fauna associata (Goreau *et al.*, 2000). Vista la loro posizione geografica isolata che ne limita gli scambi commerciali con gli altri paesi, le Maldive trovano nello sfruttamento delle scogliere coralline una risorsa fondamentale per due tra le principali attività economiche: il turismo e la pesca (Naseer, 1997). L'aumento della popolazione e il correlato aumento della domanda di risorse naturali ha portato ad un inevitabile impoverimento della diversità biologica e degradazione dell'habitat di *coral reef* (Zhair, 2010). Ciò è affiancato da una sempre più pressante alterazione della zona costiera che include la costruzione di barriere frangiflutti, *seawalls*, moli e porti nelle isole abitate, ma che comprende anche strutture turistiche sempre più complesse, in risposta ad un aumento della richiesta di servizi (Shareef, 2010). Questo molto spesso si traduce in strutture costruite dopo un'azione di distruzione dei *reefs* tramite l'uso di dinamite. Conseguenze dirette di queste attività sono la perdita di complessità topografica, di diversità dei coralli e pesci di barriera associati, che sfocia come risultato finale in un substrato non consolidato, ulteriormente soggetto a erosione, e che non rappresenta più un punto idoneo per la ricolonizzazione. La diminuzione di nuove reclute coralline infine impedisce un recupero da questa compromessa situazione.



**Figura 1.5.1-** Cartina Repubblica delle Maldive

## 1.6 MALATTIE ALLE MALDIVE

L'arcipelago delle Maldive rappresenta un'area in cui le patologie che affliggono i *reefs* corallini sono stati, ad oggi, ancora poco studiati. La prima ricerca sulle malattie dei coralli in questa zona dell'Indo-Pacifico è stata effettuata nel corso del 2010 e rappresenta una *baseline* delle informazioni sullo stato delle patologie che affliggono le sclerattinie in una regione prima di allora mai campionata (Montano et al., 2012). Tale ricerca ha messo in luce la presenza di 5 sindromi che affliggono diversi generi di coralli biocostruttori: 1) *Black Band Disease*; 2) *Ulcerative White Spot Disease*; 3) *White Syndrome*; 4) *Brown Band Disease*; 5) *Skeleton Eroding Band*.



**Figura 1.6.1-** Malattie dei coralli ritrovate alle Maldive (Montano et al., 2012): A-*Black band Disease*; B-*Ulcerative White Spot Disease*; C- *White Syndrome*; D- *Brown Band Disease*; E- *Skeleton Eroding Band*

### **1.6.1 BLACK BAND DISEASE (BBD)**

La *Black Band Disease* (fig.1.6.1A) è causata da un insieme di microrganismi dominato dal cianobatterio *Roseofilum reptotaenium* (Casamatta et al., 2012), in minor parte da *Geitlerinema spp.*, *Oscillatoria spp.*, e *Leptolyngbya* nei Caraibi (Myers et al., 2007) mentre nell'Indo-Pacifico e Mar Rosso da *Oscillatoria* e *Pseudoscillatoria* (Sussman et al., 2006; Sato et al., 2009). Essa è riconoscibile in quanto tutti questi organismi infestanti formano una banda nera che separa il tessuto vivo del corallo dallo scheletro recentemente esposto (Sutherland et al., 2004). Questa malattia è ritenuta una delle maggiori minacce per i *coral reefs* di tutto il mondo (Sutherland et al., 2004) a causa della sua persistenza (Kuta & Richardson 1996, Green & Bruckner 2000, Sutherland et al. 2004, Kaczmarzky 2006, Page & Willis 2006, Zvuloni et al. 2009), in quanto questa può colpire la stessa formazione madreporica per decenni, portando ad una mortalità a lungo termine delle specie di coralli sensibili e quindi a cambiamenti nella struttura di comunità (Bruckner & Bruckner 1997). Questa patologia va colpire 42 specie caraibiche e 57 indopacifiche (Kaczmarzky 2006, Page & Willis, 2006) tra cui membri delle famiglie *Acroporidae*, *Agariciidae*, *Dendrophyllidae*, *Favidae*, *Fungiidae*, *Merulinidae*, *Mussidae*, *Pocilloporidae*, *Poritidae* e *Siderasteridae* (Montano et al., 2013).

### **1.6.2 ULCERATIVE WHITE SPOT DISEASE (UWS)**

Questa malattia (fig.1.6.1B) è stata ritrovata in coralli quali: *Porites*, *Goniastrea minuta*, *Echinopora lamellosa*, *Heliopora coerulea*, *Favia stelligera*, *Favia spp.*, *Montipora grisea*, *Montipora malampaya*, *Montipora turtlensis*, *Montipora digitata*, *Montipora vietnamensis* e *Montipora turgescens* (Raymundo et al., 2003) La UWS caratterizza il corallo colpito con piccole aree di tessuto sbiancato ancora vivente solitamente inferiori a 5 mm di diametro che possono progredire ed evolversi in vere e proprie ulcerazioni, le quali, occasionalmente, fondendosi tra loro possono portare alla morte dell'intera colonia di corallo (Raymundo, 2003). Gli agenti patogeni di questa malattia sono individuati in organismi del genere *Vibrio spp.* tra cui *V. shiloi*, *V. charchariae*, *V. alginolyticus* e *V. coralliilyticus*. Lesioni simili a quelle determinate dalla UWS possono essere inflitte da pesci pappagallo e labridi che però lasciano lo scheletro della madrepora danneggiato (<http://www.coraldisease.org/>).

### **1.6.3 WHITE SYNDROME**

La *White Syndrome* (fig.1.6.1C) è riconoscibile per la presenza di aree diffuse di perdita di tessuto, con scheletro nudo intatto, adiacenti al tessuto sano del corallo. I confini delle lesioni sono privi di microrganismi visibili o bande pigmentate. Le zone con le lesioni, con il passare del tempo,

possono essere colonizzate da alghe filamentose, macroalghe, alghe coralline e altri organismi. Questa sindrome è stata ritrovata in Mar Rosso, Great Barrier Reef, Palau e Isole Marshall (<http://www.coraldisease.org/>). L'organismo patogeno è stato identificato in *vibrio coralliilyticus* il quale va a colpire numerosi generi di sclerattinie quali: *Acropora*, *Astreopora*, *Galaxea*, *Leptoseris*, *montipora*, *Pavona*, *Pocillopora*, *Porites*, *Seriatopora* e *Turbinaria* (Sussman *et al.*, 2008).

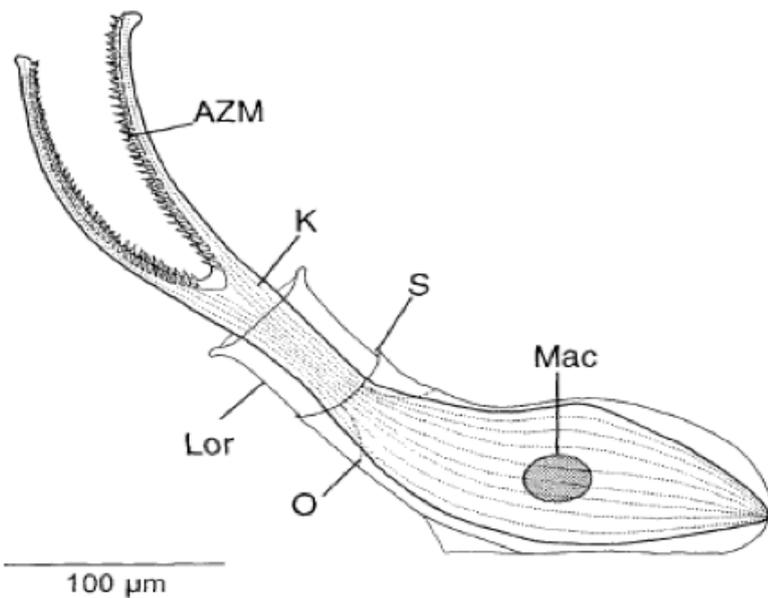
#### **1.6.4 BROWN BAND DISEASE (BrBD)**

I segni macroscopici della *Brown Band Disease* (fig.1.6.1.D) sono rappresentati da una fascia marrone, all'interfaccia tra il tessuto sano e lo scheletro bianco recentemente esposto (Bourne *et al.* 2007; Nugues & Bak, 2009), caratterizzata dalla presenza di dense concentrazioni di ciliati mobili che si nutrono del tessuto del corallo (Willis *et al.*, 2004). Studi molecolari hanno dimostrato che gli organismi responsabili di questa malattia appartengono alla classe *Oligohymenophorea*, sottoclasse *Scuticociliatia* (Bourne *et al.*, 2008; Loban *et al.*, 2011) ma rimane ancora sconosciuto se a provocare tale malattia sia implicato un solo genere di ciliati oppure diversi. Nonostante le ricerche, le modalità di trasmissione, i potenziali vettori patogeni e altri aspetti della BrBD rimangono ancora incerti. La BrBD è stata descritta per la prima volta durante uno studio a Nord e a Sud della Great Barrier Reef (Willis *et al.*, 2004) e negli anni seguenti è stata poi riscontrata su numerose specie di *Acropora* nei reef delle Filippine (Raymundo *et al.*, 2009), Guam (Myers & Raymundo, 2009), Palau (Page *et al.*, 2009), East Africa (Weil & Jordàn-Dahlgren, 2005), Australia (Bourne *et al.*, 2008) e Maldive (Montano *et al.*, 2012).

#### **1.7 SKELETON ERODING BAND**

La *Skeleton Eroding Band* (SEB) è stata la prima malattia dei coralli descritta in un reef indo-pacifico (Antonius, 1999). L'organismo patogeno responsabile è stato identificato nel ciliato *Halofolliculina corallasia* (Protozoa, Ciliata, Heterotrichida, Coliphorina, Folliculinidae), ma nonostante ciò si conosce ancora poco riguardo ai suoi aspetti biologici e in merito alla manifestazione e infestazione della SEB. Questo ciliato fu notato per la prima volta su coralli dei reef attorno all'Isola di Motupore (Papua Nuova Guinea) e di Lizard Island (Great Barrier Reef) nel 1988. Successivamente fu ritrovato anche alle Isole Mauritius, Golfo di Aqaba, Stretto di Tiran e Ras Mohammed, Sinai, Mar Rosso (Antonius & Lipscomb, 2001). La sua distribuzione è in crescita e da recenti studi anche le scogliere coralline della Nuova Bretagna (Papua Nuova Guinea), Palau, Isole Marshall, Filippine e Maldive mostrano la presenza di questo ciliato (Harvell *et al.*, 2007; Montano *et al.*, 2012). L'anatomia di *Halofolliculina corallasia* è stata descritta in uno studio di

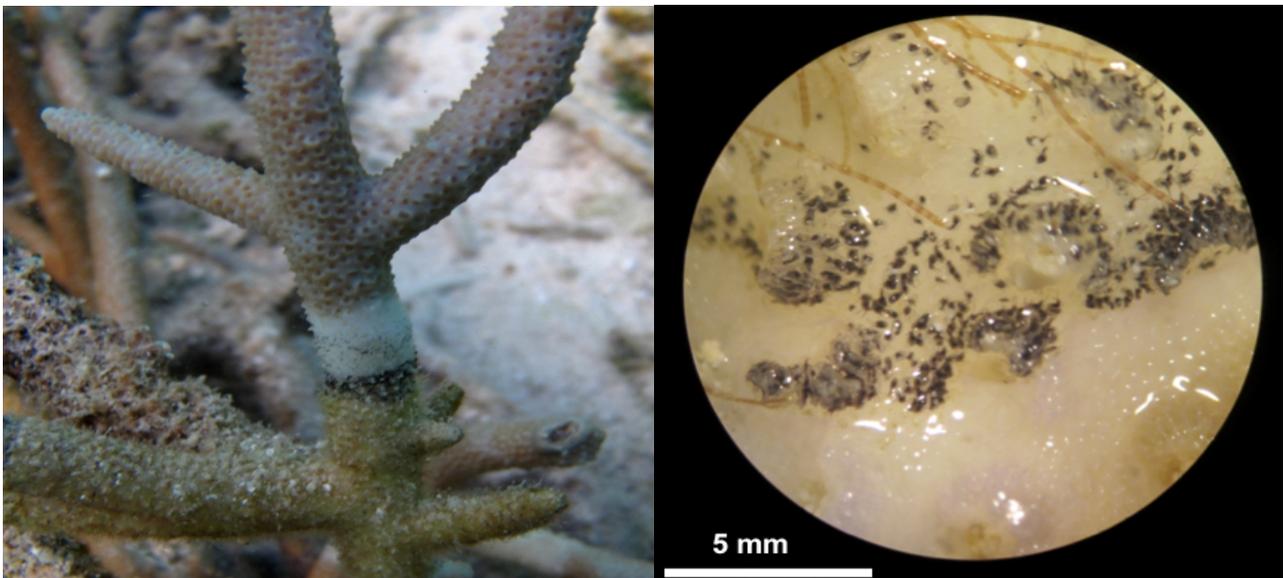
Antonius & Lipscomb del 2001 (fig. 1.7.1): una delle caratteristiche principali di questo ciliato è la presenza di una *lorica* che avvolge il corpo e grazie alla quale si ancora allo scheletro del corallo. Essa ha una lunghezza media di 220  $\mu\text{m}$  e ha una forma a sacco con un collo cilindrico e un'angolazione di circa 45 gradi rispetto alla superficie. La cellula del ciliato è di grandi dimensioni ma con un'elevata capacità contrattile che le permette di ritrarsi completamente nella lorica se disturbata. Inoltre possiede un nucleo condensato di forma ovale e due "antenne" pericitostomiali che misurano circa 175-200  $\mu\text{m}$  recanti le ciglia (dette membranelle) preposte a creare una corrente d'acqua al fine di indirizzare il cibo alla bocca. Questa specie è riconoscibile dalle altre appartenenti allo stesso genere a causa della colorazione della *lorica* che varia dal grigio fumo al nero (Antonius & Lipscomb, 2001).



**Figura 1.7.1-** *Halofolliculina corallasia*; AZM: zona delle membranelle; Lor: lorica; S: sculpture line; O: opercolo; Mac: macronucleo; K: ciglia

Nessun altro genere nella famiglia *Folliculinidae* e nemmeno nessun'altra specie del genere *Halofolliculina* è ritenuto responsabile nel provocare malattie in coralli o altri animali. I membri della famiglia presentano comunque una lorica potendosi ancorare a piante acquatiche o invertebrati principalmente marini (Corliss, 1961). Quindi *Halofolliculina corallasia* è l'unica specie conosciuta ad agire come un vero patogeno per i coralli, tuttavia recenti studi hanno ritrovato un ulteriore ciliato dello stesso genere nei Caraibi che sembra provocare una sindrome simile alla SEB (Croquer et al., 2006). Ciò ha permesso di ipotizzare che le infestazioni da parte di halofolliculinidi possano essere endemiche delle popolazioni di coralli in tutto il mondo (Pages & Willis, 2008). La SEB è conosciuta per la sua capacità di colpire una grande varietà di coralli ramificati o massivi tra cui i

generi *Acropora*, *Stylophora*, *Montipora*, *Pocillopora*, *Leptoseris*, *Pachyseris*, *Hydnophora*, *Favia*, *Favites*, *Goniasrea*, *Leptastrea* e *Cyphastrea* (Antonius & Lipscomb, 2001). Essa è riconoscibile dalla presenza di una banda nera, che può variare dall'essere una sottile linea di 1 cm a una fascia di 10 cm in relazione alla densità del ciliato patogeno, all'interfaccia tra lo scheletro del corallo recentemente esposto e il tessuto in apparenza sano. I ciliati si annidano nello scheletro stesso dando così un aspetto eroso al corallo; si pensa inoltre che la morte dell'ospite sia dovuta al rilascio di sostanze chimiche da parte della fase mobile di *H.corallasia* prodotta asessualmente (Antonius & Lipscomb, 2001). La velocità di progressione della malattia va da 1mm a settimana a 1mm al giorno, rendendo visibile lo scheletro bianco privo di tessuto del corallo immediatamente dietro il fronte della SEB. Qui è presente una moltitudine di punti neri che non sono altro che le loriche lasciate indietro dai ciliati stessi rendendo così questa malattia riconoscibile. (fig. 1.7.2 A e B).



**Figura 1.7.2 A** – Skeleton Eroding Band, loriche su scheletro di acropora / **B** – Loriche di *H. corallasia* allo stereomicroscopio

## 2. SCOPO DELLO STUDIO

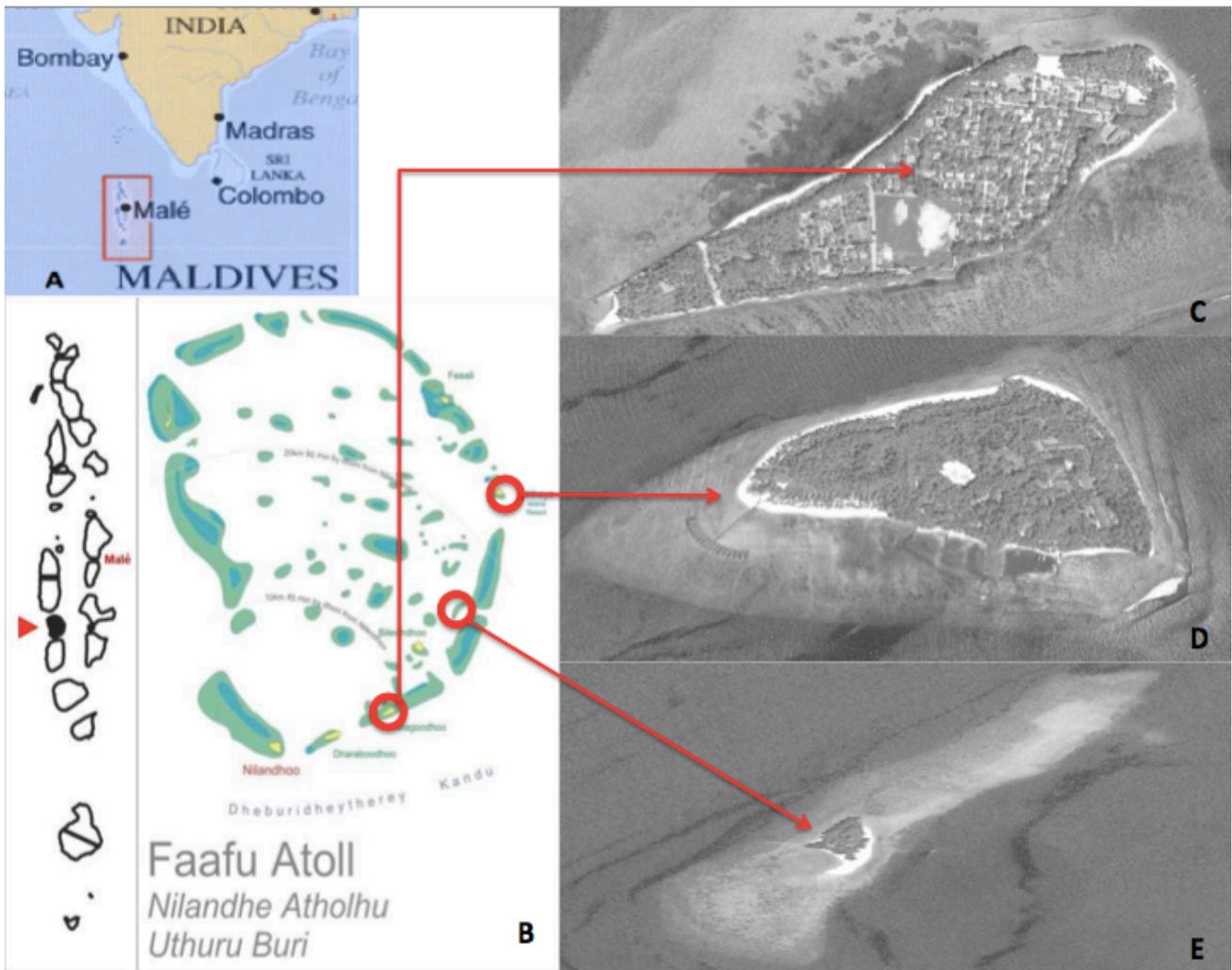
Le malattie dei coralli stanno diventando una minaccia sempre più pericolosa per le scogliere coralline di tutto il mondo. Negli ultimi 20 anni si è assistito ad un incremento del numero di nuove patologie (Raymundo et al., 2005; Sokolow, 2009). A differenza del fenomeno del *coral bleaching* e del suo impatto sui *reefs* ormai ben conosciuto, lo studio sulle patologie dei coralli è ancora alle prime fasi. In particolare nuove e dettagliate indagini sono necessarie per quanto riguarda alcune zone del mondo dove prevalenza, distribuzione e *host range* delle malattie non sono ancora stati determinati. Visto l'enorme quantità di risorse che la popolazione locale ricava da questo ecosistema per la propria sussistenza un'attenzione particolare va data allo studio di questo fenomeno. Per tale motivo la presente ricerca focalizza l'attenzione su una delle malattie a più ampia distribuzione geografica e attualmente presente nell'arcipelago delle Maldive: la *Skeleton Eroding Band*. Gli obiettivi di questo lavoro di tesi sono stati:

- Determinare prevalenza, *host range* e distribuzione della SEB in tre isole dell'atollo di Faafu (Repubblica delle Maldive).
- Valutare i livelli di prevalenza della Skeleton Eroding Band in relazione a diversi gradi di utilizzo da parte dell'uomo di tre isole maldiviane.
- Ricercare relazioni tra presenza della SEB e danni ai coralli dovuti a predazione o stress meccanici.

### **3. MATERIALI E METODI**

#### **3.1 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO**

Il presente studio è stato realizzato nel periodo compreso tra il 3/11/2013 e l'1/12/2013. Tale periodo di campionamento coincide con il termine della stagione umida in cui la *surface sea temperature* (SST) media è relativamente costante (media  $29,4 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$ ) oscillando in un range compreso tra i  $28,4^{\circ}\text{C}$  e i  $30,1^{\circ}\text{C}$  (<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov>). I siti di campionamento sono rappresentati dai *reefsf* corallini che si sviluppano attorno a 3 isole dell'atollo di Faafu, Repubblica delle Maldive. L'atollo di Faafu, il cui nome originale è *Northern Nilandhé Atoll* (fig. 3.1.1 B), misura 30 km in lunghezza e 27 in larghezza (<http://www.tsitours.com>) e rappresenta una divisione amministrativa delle Maldive, formato da 23 isole di cui solo 5 abitate, con popolazione totale di circa 2000 persone. Per quanto riguarda le isole, Magoodhoo ( $3^{\circ}04'42.92''$  N  $72^{\circ}57'52.31''$  E) (fig. 3.1.1.C) è un'isola di 970m di lunghezza e 350m di larghezza e ricopre un'area totale di  $17.1\text{km}^2$ . Situata nella parte sud-est dell'atollo dista circa 134 km dalla capitale Male'. Essa è priva di strutture turistiche, tuttavia è abitata da una popolazione locale di circa 700 individui. Le principali attività svolte sull'isola sono la pesca, l'agricoltura che inizia lentamente a svilupparsi mentre una piccola parte della popolazione è impiegata presso i resort dell'atollo oppure in uffici del governo (UNDP, 2006). Filitheyo ( $3^{\circ}12'47.59''$  N  $73^{\circ}02'13.51''$  E) (fig. 3.1.1. D) invece è una delle due isole dell'atollo di Faafu è stato costruito un resort nel 1999: il Filitheyo Island Resort; essa è di forma triangolare con dimensioni di 900x500 metri ed è localizzata tra due pass nella parte est dell'atollo. Questa ospita all'incirca 350 persone che vivono e lavorano sull'isola, più 200 posti riservati ai turisti che vi alloggiano. Infine Adangau ( $3^{\circ}08'20.31''$  N  $73^{\circ}00'31.48''$  E) (fig.3.1.1.E) è rappresentata da un piccolo lembo di sabbia tra Magoodhoo e Filitheyo di circa 200 m di lunghezza e 70 di larghezza, ricoperto di lussureggiante vegetazione. Su tale isola non esiste alcun insediamento umano.



**Fig. 3.1.1-** Area di studio: A) Repubblica delle Maldive; B) Atollo di Faafu; C) Magoodhoo; D) Filitheyo; E) Adangau

### **3.2 PIANO DI CAMPIONAMENTO**

Il piano di campionamento di questo studio ha previsto la scelta casuale, in ciascuna delle 3 isole, di 4 siti di campionamento. Per ciascun sito sono stati effettuati campionamenti a 2 diverse profondità. In questo modo si sono ottenute 12 stazioni *Shallow*, definite così in quanto caratterizzate da una profondità tra i 0 e 5 m e per questo censite attraverso attività di snorkeling e stazioni *Deep*, caratterizzate da una profondità compresa tra i 5 e 15 metri e per questo motivo campionate in immersione con attrezzatura ARA (fig. 3.2.1). Ad ogni stazione sono state raccolte informazioni quantitative circa la prevalenza della SEB effettuando un numero minimo di 3 repliche costituite da *belt transect* di 25x2 metri (fig.3.2.2).

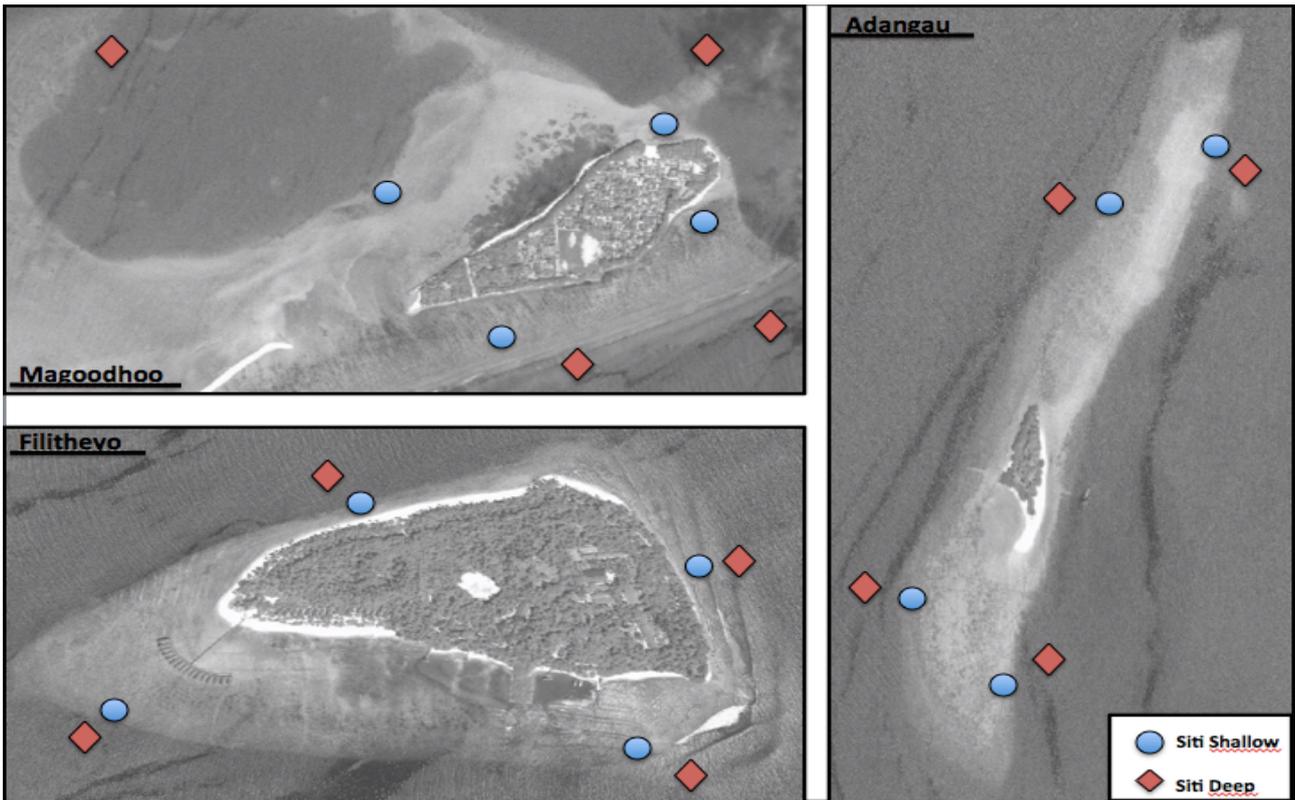


Fig. 3.2.1- Posizione delle stazioni campionate in ogni isola

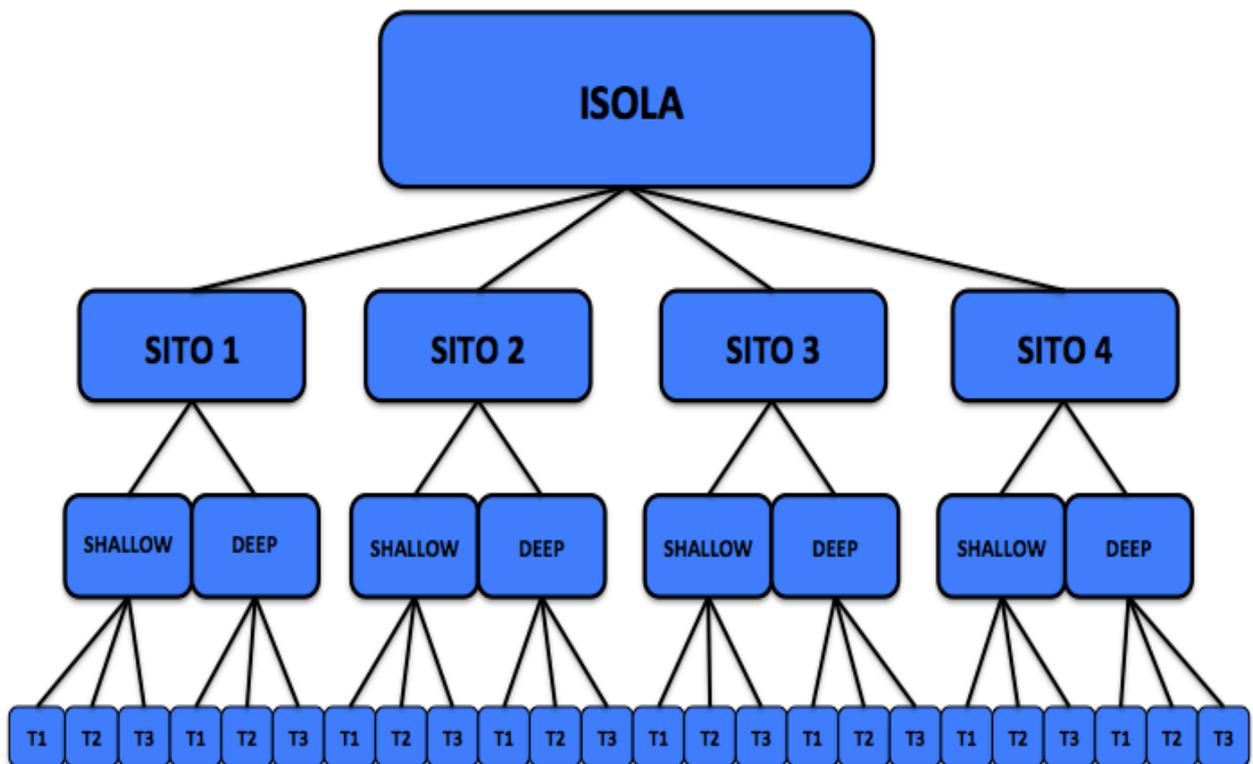


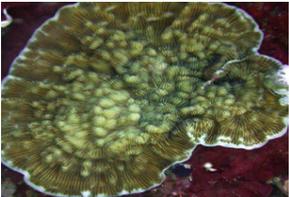
Fig. 3.2.2- Disegno di campionamento per ogni isola censita

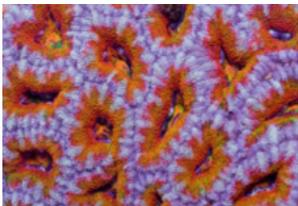
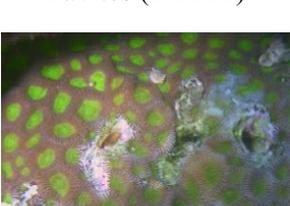
### **3.3 METODI DI CAMPIONAMENTO UTILIZZATI**

#### **3.3.1 BELT TRANSECT**

Ogni replica effettuata è stata rappresentata da un *belt transect* (fig.3.3.1.1) di 25x2 metri (Grimsditch *et al.* 2007) posizionato casualmente ad una distanza approssimativa di 10-20 metri dal successivo. Tale metodo prevede l'utilizzo di una cima metrata, o bindella, disposta parallelamente alla linea di costa al fine di minimizzare la varietà ambientale. Il transetto, essendo ad una profondità costante permette di studiare la composizione quali-quantitativa di un popolamento specifico (Loya, 1978). In questo caso, il campionamento degli organismi target è stato limitato ad un' area di 50 m<sup>2</sup>. I dati sono stati raccolti mediante l'utilizzo di fogli di lavoro subacquei *duracopy* della *Rainintherain*, progettati per lo studio in questione e posti su una lavagnetta subacquea. Tali fogli, essendo in formato A4, più grandi delle classiche lavagnette subacquee, forniscono all'operatore uno spazio maggiore sul quale annotare le informazioni e gli consentono, inoltre, di conservare i dati raccolti senza doverli immediatamente copiare prima di iniziare il successivo campionamento. Per rendere più veloce la raccolta dei dati sono stati utilizzati dei codici relativi al genere di appartenenza dei coralli indagati come mostrato in tabella 1. Per alcune categorie bentoniche inoltre è stata affianca un'informazione aggiuntiva relativa alla morfologia di crescita (Es: morfologie di crescita ramificata, digitata o tabulare per le sclerattinie del genere *Acropora*).

**Tabella 1** - Categorie utilizzate durante il campionamento

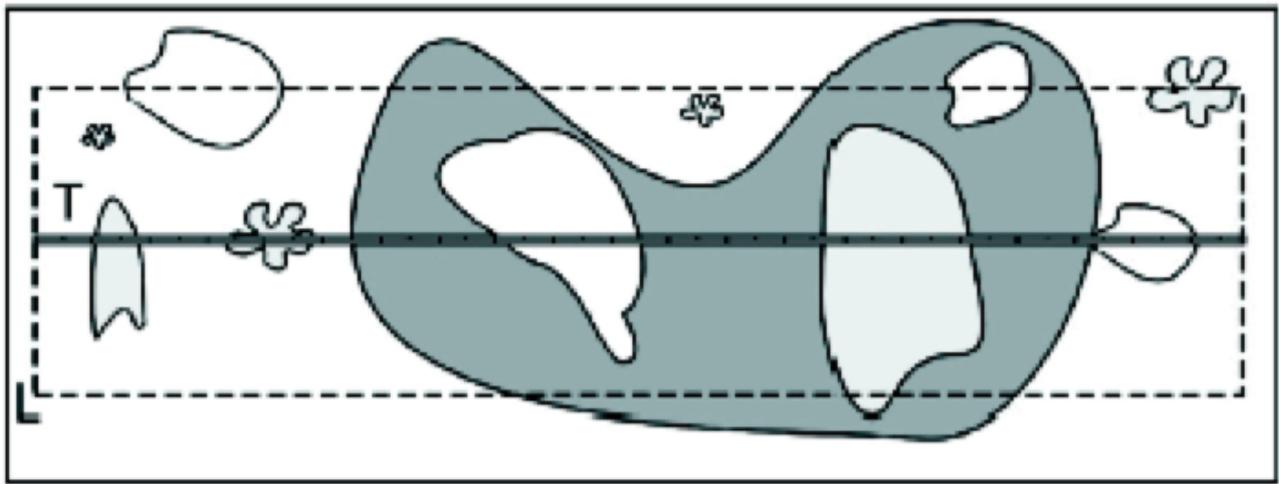
<b>CATEGORIE</b>			
<b>FAMIGLIE</b>	<b>GENERI</b>		
<b><u>Acroporidae</u></b>	Acropora crescita ramificata (ACR) 	Acropora crescita digitata (ACD) 	Acropora crescita tabulare (ACT) 
<b><u>Acroporidae</u></b>	Montipora (MONT) 	Asteropora (ASTR) 	Iosopora (ISO) 
<b><u>Pocilloporidae</u></b>	Pocillopora (POC) 		
<b><u>Poritidae</u></b>	Porites (POR) 	Goniopora (GON) 	Alveopora (ALV) 
<b><u>Agariciidae</u></b>	Pavona (PAV) 	Leptoseris (LEPT) 	Pachiseris (PACH) 
<b><u>Agariciidae</u></b>	Gardineroseris (GAR) 		

<b><u>Fungidae</u></b>	Fungia (FUN) 	Herpolitha (HER) 	Halomitra (HAL) 
<b><u>Oculinidae</u></b>	Galaxea (GAL) 		
<b><u>Pectinidae</u></b>	Pectina (PEC) 	Mycedium (MYC) 	
<b><u>Mussidae</u></b>	Acanthastrea (ACA) 	Lobophyllia (LOBO) 	Symphyllia (SYM) 
<b><u>Mussidae</u></b>	Scolymia (SCOL) 		
<b><u>Faviidae</u></b>	Favia (FAV) 	Favites (FAVIT) 	Platygira (PLAT) 

<b><u>Faviidae</u></b>	Leptoria (LEPT) 	Diploastrea (DIPL) 	Echinopora (ECHI) 
<b><u>Faviidae</u></b>	Leptastrea (LEPTA) 	Cyphastrea (CYPH) 	Goniastrea (GONIAS) 
<b><u>Faviidae</u></b>	Caulastrea (CAU) 		
<b><u>Dendrophylliidae</u></b>	Tubastrea (TUB) 	Turbinaria (TURBI) 	
<b><u>Euphyllidae</u></b>	Euphyllia (EUPH) 	Physogyra (PHYSO) 	
<b><u>Siderasteridae</u></b>	Psammocora (PSAM) 		

<b><u>Merulinidae</u></b>	Merulina (MER) 	Hydnophora (HYD) 	
<b><u>Trachyphyllidae</u></b>	Trachyphyllia (TRA) 		

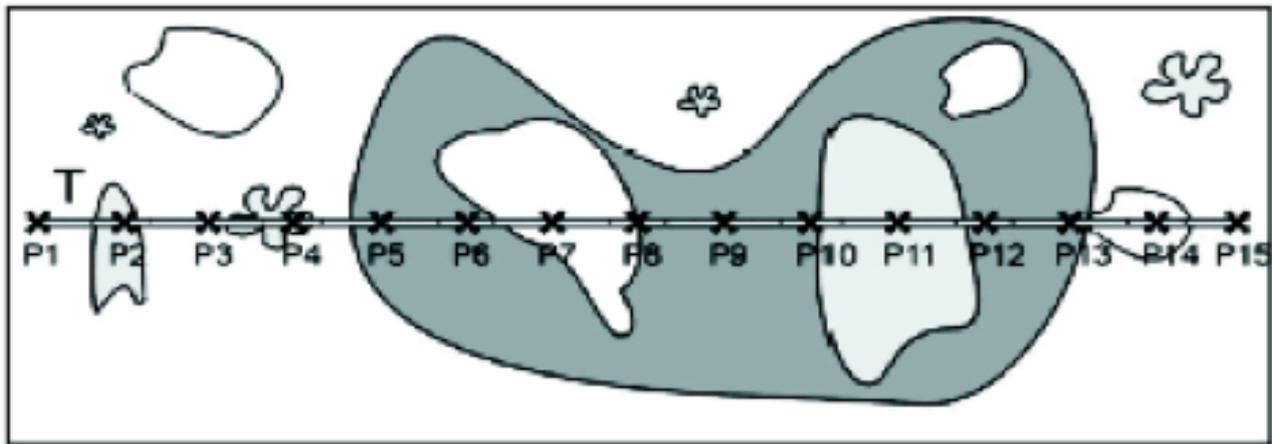
Le sclerattinie, all'interno dell'area del transetto, sono state identificate *in situ*, a livello di genere, mediante *visual census* in accordo con Veron (2000). Sono state contate le colonie al margine del *belt transect* solamente quando esse erano contenute all'interno dello stesso per più del 50%. Per ogni replica sono state contate tutte le colonie di corallo rinvenute all'interno del *belt transect*. Per ogni singola colonia si è investigato il relativo stato di salute, registrando l'eventuale presenza della malattia in questione: la *Skeleton Eroding Band*. In questo modo è possibile ottenere i valori di prevalenza della patologia, considerati come il rapporto tra le colonie di corallo malate e il numero totale di colonie osservate. Per ogni transetto, sono stati quindi calcolati sia un valore complessivo relativo alla prevalenza della SEB sia i valori di prevalenza della stessa relativa al *taxon* specifico, calcolata come il rapporto tra il numero di colonie di corallo malate appartenenti ad un particolare genere, e il numero totale di colonie osservate appartenenti a quel genere. Poi sono stati calcolati i valori di prevalenza generale e specifica del *taxon* per ogni sito facendo la media dei valori di prevalenza corrispondenti misurati nei tre transetti. Al fine di chiarire incertezze relative al riconoscimento di generi osservati durante il *visual census* sono state effettuate fotografie subacquee, utilizzando una *Canon PowerShot S110* con scafandro *WP-DC47*. Per lo stesso motivo sono stati prelevati piccoli campioni di corallo analizzati in seguito in laboratorio mediante l'ausilio di uno stereomicroscopio Leica ZD4.



**Fig 3.3.1.1-** Schema *belt transect* e fotografia che mostra la raccolta dei dati

### **3.3.2 POINT INTERCEPT TRANSECT (PIT)**

Al fine di mappare e stimare il ricoprimento percentuale del fondale ad ogni replica è stato associato un *point intercept transect* (PIT). (fig.3.3.2.1). Questo metodo di campionamento consiste nell'annotare tutte le categorie bentoniche selezionate presenti al di sotto di punti a distanza prestabilita lungo una cima metrata (Pinca *et al.* 2002). Questo metodo è estremamente rapido e poco costoso. Unica limitazione è relativa al fatto che questo metodo tende a sottostimare l'eterogeneità delle aree indagate, rinvenendo raramente le specie meno abbondanti (Hill & Wilkinson, 2004).



**Figura 3.3.2.1-** Schema *point intercept transect*

In questo studio sono state registrate macrocategorie e generi di corallo duro presenti al di sotto di ogni 50 cm di bindella per un totale di 25 punti a transetto. Le macrocategorie annotate sono state: Corallo vivo, Corallo morto, Roccia, Sabbia, Rubble, Altro (coralli molli, poriferi, bivalvi, macroalghe e altri organismi) come riportato in tabella 2. All'interno della macrocategoria Corallo Vivo sono state identificate le sclerattinie a livello di genere, ottenendo così le percentuali di ricoprimento per ognuno di essi. Per ottenere il ricoprimento percentuale di un genere o di una macrocategoria si sommano i punti in cui essa è presente e si divide per il numero totale dei punti del transetto:  $r_x\% = P_x/P_{tot} \times 100$ .

**Tabella 2-** Macrocategorie registrate nel PIT

<b>CORALLO VIVO</b>		<b>CV</b>	In questa categoria venivano annotati i coralli identificati a livello di genere.
<b>CORALLO MORTO</b>		<b>CM</b>	Corallo morto ma ancora intatto nella sua forma.
<b>RUBBLE</b>		<b>RU</b>	Accumululi di detriti corallini, sabbia e frammenti di conchiglie.
<b>ROCCIA</b>		<b>RO</b>	Subdrtrato duro nudo
<b>SABBIA</b>		<b>SA</b>	Sedimento di sabbia corallina
<b>ALTRO</b>		<b>AL</b>	In questa categoria erano inclusi organismi tra cui tunicati, coralli molli, echinodermi, molluschi, alghe e altro non considerato precedentemente.

### **3.3.3 VALUTAZIONE DELLO STATO DI SFRUTTAMENTO DELLE ISOLE**

Come noto da letteratura (Peirano & Bianchi, 1997; Diviacco 1998) esiste una relazione tra il diverso numero di abitanti presenti in un'area e il probabile impatto antropico ad esso associato. Ipotizzando che tale relazione sia ritrovabile in diversi ecosistemi marini, non si può escludere che tale scenario sia presente anche nel remoto arcipelago delle Maldive, dove la maggior parte delle scogliere coralline sono considerate in uno stato di regressione (Lasagna, 2010). Al fine di determinare qualitativamente il possibile stato di sfruttamento da parte dell'uomo delle isole campionate e permetterne successivamente un confronto, si è deciso di considerare il numero di abitanti come il fattore chiave per determinare l'eventuale stato di antropizzazione. In base a questi presupposti le isole sono state classificate come:

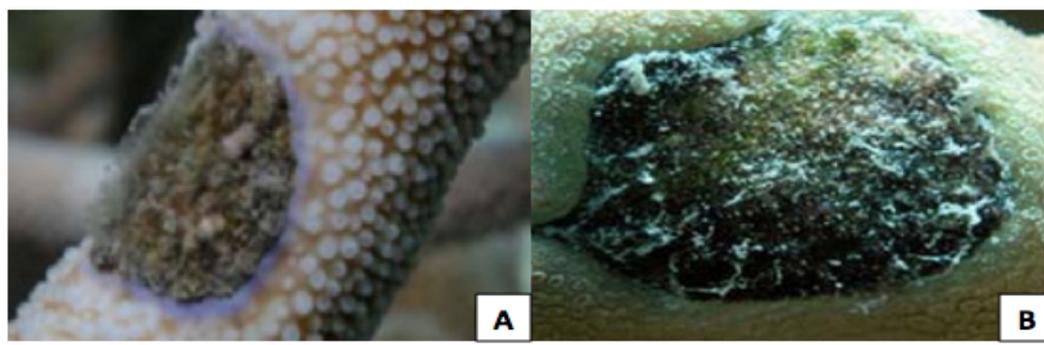
- Sfruttamento elevato: Magoodhoo con popolazione di 700 individui
- Sfruttamento medio: Filitheyo con popolazione di 500 individui
- Sfruttamento nullo: Adangau priva di qualsiasi insediamento umano

Inoltre considerando che l'attività umana ha ripercussioni tangibili sulla salute dei *reefs* a causa dello sversamento di composti organici e di rifiuti in mare (Bruno et al., 2003), si è deciso di effettuare test chimici in laboratorio, con l'intento di registrare il livello di nutrienti e sostanza organica presenti nelle acque. A tal proposito campioni di acqua proveniente da ognuna delle profondità e siti censiti sono stati prelevati tramite l'utilizzo di *falcon* da 50 ml e successivamente analizzati tramite kit commerciali ad uso acquariofilo. I kit utilizzati sono: 1) Nyos Phosphate Test; 2) Nyos Nitrate Test; 3) Salifert Profi Test Nitrite; 4) Salifert Prof Test Ammonia; 5) Salifert Profi Test Organics. Ognuno dei test dichiara una sensibilità attorno al centesimo di mg/l.

### **3.3.4 RICONOSCIMENTO MALATTIE**

La *Skeleton Eroding Band* nei coralli viene identificata per studi di tipo ecologico mediante visual census. Questo perché, per la maggior parte delle malattie, la presenza di alterazioni e lesioni è un segnale caratteristico e distintivo di ciascuna di esse (Sutherland *et al.*, 2004; Raymundo, 2003; Bourne *et al.* 2007; Nugues & Bak, 2009; Antonius & Lipscomb, 2001). Tra queste elenchiamo la perdita del tessuto, una crescita anomala, pigmentazioni insolite e la presenza di materiale colorato al di sopra dello stesso. Altre sono dovute alla predazione da parte di pesci, che danneggiano lo scheletro, predazione ad opera di gasteropodi, eccessiva sedimentazione e sovraccrescita algale che possono confondere l'operatore (Aeby, 1998; Aeby & Santavy, 2006). Il riconoscimento della

malattia è stato possibile mediante le linee guida dettate nel 2001 da Antonius e Lipscomb. Al fine di chiarire incertezze relative al riconoscimento della patologia osservata durante il visual census sono state effettuate fotografie subacquee, utilizzando una *Canon PowerShot S110* con scafandro *WP-DC47*. Per lo stesso motivo sono stati prelevati piccoli campioni di corallo analizzati in seguito in laboratorio mediante l'ausilio di uno stereomicroscopio *Leica ZD4*. Al fine di valutare se la presenza di danni meccanici possano incrementare la prevalenza della malattia, sono state inoltre contate le colonie che presentano in concomitanza della patologia anche tale tipologia di lesione come mostrato in figura 3.3.4.1 (A e B).



**Figura 3.3.4.1 (A/B)** – *Skeleton Eroding Band* associata a lesioni di carattere meccanico

### **3.4 ANALISI STATISTICA**

I dati sono stati raccolti e analizzati mediante le tipologie di descrittori illustrati in tabella 1 e in tabella 2. Sono state annotate inoltre il numero delle malattie e l'ospite relativo, presenti all'interno dell'area censita. L'analisi dei dati è stata effettuata poi in maniera gerarchica calcolando media e deviazione standard di tutti i valori osservati: quelli totali per ciascuna isola, per profondità, per sito e per stazioni analizzate. Questo è stato fatto sia per valutare il ricoprimento percentuale di ogni macrocategoria e dei generi osservati ma anche per le densità totali delle sclerattinie e le prevalenze della malattia. I dati sono stati elaborati utilizzando tabelle e grafici. In particolare sono stati realizzati istogrammi per valutare la diversa prevalenza della malattia a tutte le scale osservate. Per i confronti statistici si sono utilizzati test non parametrici, in quanto i dati non rispettano le assunzioni della normalità (Zarr, 1999). A tal proposito si è utilizzato il Mann-Whitney U-Test per cercare differenze nei livelli di prevalenza della SEB per le due diverse profondità, mentre il test di Kruskal-Wallis per cercare differenze nei livelli di prevalenza tra le isole. Il coefficiente di correlazione di Spearman's Rho  $\rho$  è stato invece utilizzato per analizzare l'esistenza di possibili correlazioni tra i valori di prevalenza della malattia osservati e le relative densità e percentuali di ricoprimento sia dei

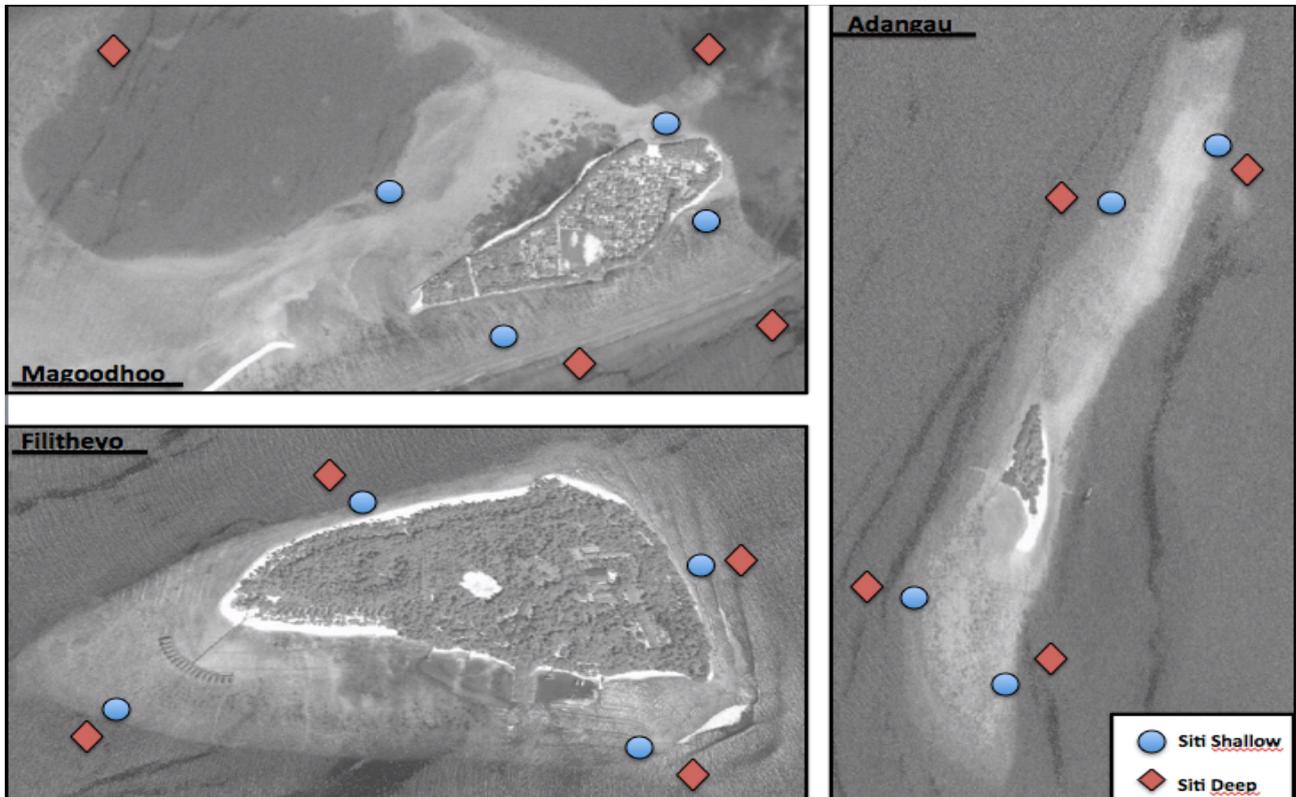
coralli ospiti, che dei coralli in generale. Le analisi statistiche sono state effettuate utilizzando il software SPSS. Tutti i dati sono riportati sotto forma di media aritmetica  $\pm$  deviazione standard (D.S.) tranne che diversamente espresso.

### **3.4.1 ANALISI MULTIVARIATA**

Le eventuali differenze presenti nella prevalenza della SEB tra le isole e tra le profondità censite sono state valutate ricorrendo all'analisi multivariata ed in particolar modo a tecniche di ordinamento scalare non metrico multidimensionale (nMDS). L'analisi multivariata si basa sul coefficiente di similitudine di Bray-Curtis (Morri *et al.*, 2003). È utilizzato per calcolare matrici triangolari di similitudine attraverso il confronto a coppie della prevalenza della malattia nelle diverse stazioni analizzate (Kruskall & Wish, 1978). Le matrici triangolari così ottenute possono essere risolte tramite analisi agglomerativa o di ordinamento e analisi fattoriale o di classificazione, trasformando la matrice a due vie in una matrice delle distanze che attribuisce un coefficiente di similarità/dissimilarità ad ogni coppia di campioni. L'analisi agglomerativa o di ordinamento permette di visualizzare graficamente le similarità e dissimilarità tra campioni, per evidenziare possibili *patterns* e comparare la prevalenza della patologia. L'algoritmo del nMDS, infatti, è una procedura interattiva volta a costruire un grafico attraverso una progressiva ridefinizione delle posizioni dei diversi punti in uno spazio a due o tre dimensioni. Il posizionamento dei campioni all'interno del grafico e le loro distanze relative riflettono il livello di similarità tra i campioni. All'aumentare della similarità diminuiscono progressivamente le distanze fra i campioni (Clarke & Warwick, 1994). Tutte le analisi multivariate sono state realizzate attraverso il software PRIMER V5 (Clarke & Warwick, 1994).

## 4 RISULTATI

Nell'area di studio sono state analizzate 3 isole appartenenti all'atollo di Faafu. Per ciascuna di esse si sono campionati 4 stazioni Shallow e 4 Deep (fig. 4.1) per un totale di 24 stazioni. Nel complesso si sono effettuati 72 *belt transect* e 72 *point intercept transect* ricoprendo un'area totale di 3600 m<sup>2</sup>.



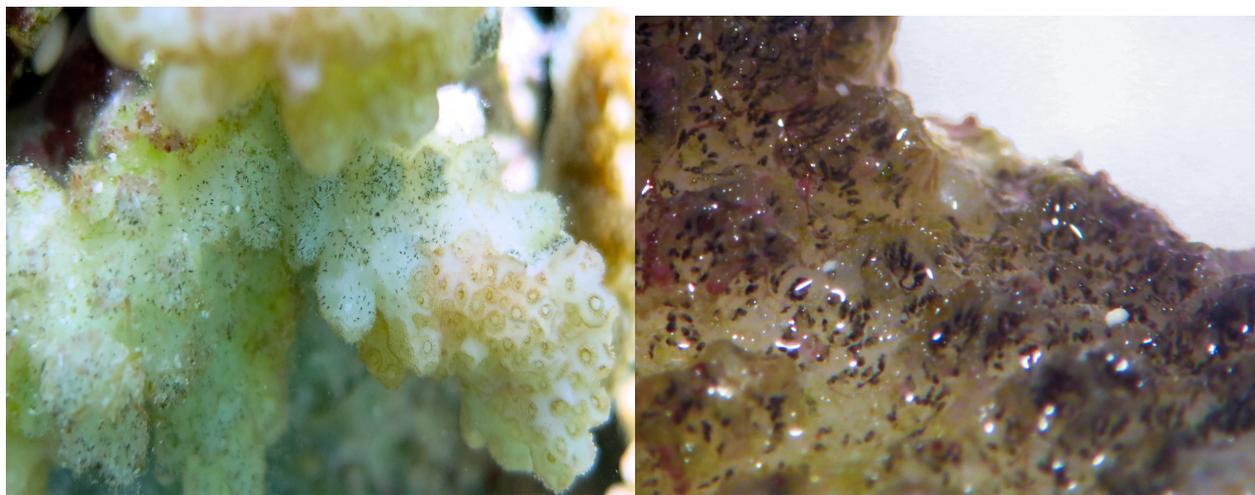
**Figura 4.1** – Mappa stazioni analizzate (Shallow e Deep) per Magoodhoo, Filithevo e Adangau

Nell'area di studio sono state contate 29'625 colonie appartenenti a 40 generi di sclerattinie. Queste, considerate tutte insieme come un'unica categoria (Corallo Duro, vedi metodo), mostrano un ricoprimento percentuale totale medio di 57,19%  $\pm$ 9,08, seguite dal Rubble (16,25%  $\pm$ 9,27), dalla Roccia (10,45%  $\pm$ 7,36), dal Corallo Morto (6,03%  $\pm$ 2,44), dalla Sabbia (6,00%  $\pm$ 5,44) e per finire da Altro (3,97%  $\pm$ 2,88) (Vedi Tabella 3).

**Tabella 3** – Valori medi di ricoprimento percentuale presenti nelle 3 isole e media totale

	MAGOODHOO		FILITHEYO		ADANGAU		TOTALE	
	MEDIA	D.S	MEDIA	D.S	MEDIA	D.S	MEDIA	D.S
<u>Corallo duro</u>	58,42	5,20	54,58	7,51	58,58	15,37	57,19	9,08
<u>Roccia</u>	6,75	4,63	17,33	7,43	7,25	7,07	10,45	7,36
<u>Rubble</u>	13,75	6,91	15,75	9,14	19,25	14,29	16,25	9,27
<u>Sabbia</u>	12,17	2,92	2,67	1,55	3,17	4,60	6,00	5,44
<u>Corallo morto</u>	5,58	1,92	4,50	2,41	8,00	4,17	6,03	2,44
<u>Other</u>	3,33	0,71	4,83	4,87	3,75	2,91	3,97	2,88

Circa il 54,17% dei transetti e l'87,50% delle stazioni mostrano la presenza di almeno una colonia malata. Tra tutte le colonie contate, 80 sono risultate colpite dalla *Skeleton Eroding Band*. Tale malattia è stata osservata avere le caratteristiche riportate nel paragrafo 1.7. Le lesioni osservate sul corallo mostrano infatti la tipica banda nera causata dalla presenza del ciliato nell'interfaccia tra lo scheletro del corallo recentemente esposto e il tessuto ancora in apparenza sano (fig 4.2; 4.3). La maggior parte delle stazioni dove è stata rilevata la presenza della SEB sono ad una profondità compresa tra 0 e 5 metri (Shallow) (61,54%), mentre il 38,46% sono ad una profondità tra i 5 e 15 metri (Deep). Dal punto di vista qualitativo la malattia è stata ritrovata in 4 generi (*Acropora*, *Pocillopora*, *Isopora* e *Galaxea*) appartenenti a 3 famiglie (*Acroporidae*, *Pocilloporidae* e *Oculinidae*).



**Figura 4.2** - *Skeleton Eroding Band* su *Pocillopora* / **Figura 4.3** – Dettaglio del protozoo *Halofolliculina corallasia* presente in una *Pocillopora* affetta da *Skeleton Eroding Band*

## **4.1 MAGOODHOO**

Sull'isola di Magoodhoo sono stati campionati 4 stazioni Shallow e 4 Deep per un totale di 8 stazioni. In totale si sono effettuati 24 *belt transect* e 24 *point intercept transect* ricoprendo un'area totale di 1200 m<sup>2</sup>. Nel complesso sono state contate 8'548 colonie di sclerattinie appartenenti a 34 generi. Circa il 50% dei transetti e l'87,50% delle stazioni mostrano la presenza di almeno una colonia malata. Tra tutte le colonie contate, 19 sono risultate colpite dalla *Skeleton Eroding*. La maggior parte delle stazioni dove è stata rilevata la presenza della malattia appartengono alla profondità Shallow (68,42%), mentre le restanti sono della profondità Deep (31,58%). Dal punto di vista qualitativo la patologia è stata ritrovata in 2 generi (*Acropora* e *Pocillopora*) appartenenti a 2 differenti famiglie (*Acroporidae* e *Pocilloporidae*).

### **4.1.1 ANALISI DELLA COMPOSIZIONE BENTONICA**

L'indagine svolta sulle formazioni madreporiche dell'isola di Magoodhoo tramite *point intercept transect* ha permesso di ottenere i valori medi di ricoprimento percentuale delle macrocategorie indagate prese in considerazione (vedi metodo). Tali valori sono stati calcolati effettuando la media sui 3 transetti per ogni sito e per ogni profondità. Per quanto riguarda le macrocategorie indagate, Magoodhoo mostra una percentuale totale media del 58,42% ±10,26 di Corallo Duro, 13,75% ±6,65 di Rubble, 12,17% ±7,34 di Sabbia, 6,75% ±5,02 di Roccia, 5,58% ±1,78 di corallo morto e infine 3,33% ±4,14 di Altro. In particolare il ricoprimento percentuale di corallo duro è risultato maggiore alla profondità tra i 5 e i 15 metri con un valore di 62,33% ±12,32 rispetto a 54,50% ±7,27 ritrovato a profondità tra gli 0 e 5 metri. Inoltre tale macrocategoria ha mostrato il maggior ricoprimento nella stazione "Sito 2 Deep" (73,33% ±4,16) e il minore nella stazione "Sito 2 Shallow" con valore percentuale di 44,00% ±10,00.

Dall'analisi dei PIT è emerso che i generi maggiormente presenti all'interno di tali transetti sono risultati: *Acropora* (21,89% ±8,90), *Porites* (7,78% ±7,09), *Pavona* (2,32% ±2,09), *Isopora* (1,92% ±4,65), *Echinopora* (1,20% ±2,34), *Favites* (1,18% ±0,87), *Psammococora* (1,06% ±1,18), *Pocillopora* (0,95% ±1,38), *Hydnophora* (0,64% ±1,63) e *Galaxea* (0,62% ±0,90). Altri generi ritrovati sono: *Astreopora*, *Favia*, *Goniastrea*, *Fungia*, *Turbinaria*, *Pectinia*, *Lobophyllia*, *Leptoseris*, *Pachiseris*, *Cyphastrea*, *Goniopora*, *Platygyra*, *Halomitra* e *Tubastrea* che presentano valori percentuali inferiori allo 0,50%. I risultati sono riportati in tabella 4.

**Tabella 4-** Valori di ricoprimento percentuale per sito e profondità isola Magoodhoo

	SITO 1				SITO 2				SITO 3				SITO 4				TOTALE	
	SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		MEDIA TOT.	D.S
	MEDIA	D.S																
<b>Corallo duro</b>	56,00	15,62	65,33	4,16	44,00	10,00	73,33	4,16	57,33	5,03	44,67	8,33	60,67	9,02	66,00	7,21	58,42	10,26
<b>Roccia</b>	10,67	5,77	5,33	2,31	12,00	10,58	6,67	2,31	2,67	3,06	14,00	4,00	0,00	0,00	2,67	3,06	6,75	5,02
<b>Rubble</b>	8,00	6,00	11,33	3,06	26,67	7,02	8,00	4,00	14,00	2,00	20,67	8,33	9,33	4,16	12,00	7,21	13,75	6,65
<b>Sabbia</b>	16,00	11,14	8,67	4,16	6,67	5,03	5,33	3,06	22,00	3,46	3,33	1,15	22,00	5,29	13,33	6,11	12,17	7,34
<b>Corallo morto</b>	8,00	5,29	6,67	1,15	7,33	4,62	4,00	2,00	3,33	1,15	4,00	4,00	6,67	5,03	4,67	2,31	5,58	1,78
<b>Other</b>	1,33	1,15	2,67	1,15	3,33	3,06	2,67	1,15	0,67	1,15	13,33	1,15	1,33	1,15	1,33	1,15	3,33	4,14
<b>TOTALE</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>																
<b>Acropora</b>	46,00	7,21	40,67	5,77	30,00	4,00	38,67	10,07	24,67	8,08	20,67	6,11	39,33	6,43	40,67	5,77	21,89	8,90
<b>Pavona</b>	6,00	5,29	5,33	1,15	0,00	0,00	2,00	2,00	3,33	1,15	0,67	1,15	2,00	2,00	2,67	1,15	2,32	2,09
<b>Porites</b>	0,67	1,15	7,33	6,11	10,67	7,02	18,67	7,02	16,00	10,00	7,33	3,06	1,33	2,31	18,00	8,72	7,78	7,09
<b>Pocillopora</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	1,15	4,00	3,46	1,33	2,31	0,67	1,15	0,95	1,38
<b>Psammocora</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	3,33	3,06	0,67	1,15	0,67	1,15	2,00	2,00	0,00	0,00	1,06	1,18
<b>Echinopora</b>	0,00	0,00	6,00	5,29	0,00	0,00	4,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	1,20	2,34
<b>Astreopora</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,35
<b>Goniastrea</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	2,31	1,33	2,31	0,45	0,61
<b>Favia</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,24
<b>Favites</b>	2,00	3,46	2,00	2,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00	0,67	1,15	0,67	1,15	1,18	0,87
<b>Fungia</b>	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,71
<b>Turbinaria</b>	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,31
<b>Pectinia</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,31
<b>Hydnophora</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,67	3,06	0,67	1,15	0,00	0,00	0,64	1,63
<b>Galaxea</b>	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00	3,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,90
<b>Isopora</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,33	2,31	0,00	0,00	12,00	7,21	0,00	0,00	1,92	4,65
<b>Lobophyllia</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,24
<b>Leptoseris</b>	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,31
<b>Pachiseris</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,24
<b>Cyphastrea</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,47
<b>Goniopora</b>	0,00	0,00	1,33	2,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	2,31	0,33	0,62
<b>Platygyra</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,24
<b>Halomitra</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,24
<b>Roccia</b>	10,67	5,77	5,33	2,31	12,00	10,58	6,67	2,31	2,67	3,06	14,00	4,00	0,00	0,00	2,67	3,06	6,75	5,02
<b>Rubble</b>	8,00	6,00	11,33	3,06	26,67	7,02	8,00	4,00	14,00	2,00	20,67	8,33	9,33	4,16	12,00	7,21	13,75	6,65
<b>Sabbia</b>	16,00	11,14	8,67	4,16	6,67	5,03	5,33	3,06	22,00	3,46	3,33	1,15	22,00	5,29	13,33	6,11	12,17	7,34
<b>Corallo morto</b>	8,00	5,29	6,67	1,15	7,33	4,62	4,00	2,00	3,33	1,15	4,00	4,00	6,67	5,03	4,67	2,31	5,58	1,78
<b>Other</b>	1,33	1,15	2,67	1,15	3,33	3,06	2,67	1,15	0,67	1,15	13,33	1,15	1,33	1,15	1,33	1,15	3,33	4,14
<b>TOTALE</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>																

#### **4.1.2 PREVALENZA DELLA SKELETON ERODING BAND**

Delle 8548 colonie di sclerattinie contate nei *reefs* di Magoodhoo, il 37,13% appartiene al genere *Acropora*, il 19,37% al genere *Pavona*, il 13,85% al genere *Porites*, *Psammocora* 5,03%, *Isopora* 4,68% e *Pocillopora* 4,45%. I restanti generi mostrano abbondanze relative al di sotto del 4% (vedi Tabella 5).

**Tabella 5-** Numero colonie sclerattine contate, densità per m<sup>2</sup> e abbondanza relativa nel *belt transect* isola di Magoodhoo

	<b>NUM. COLONIE</b>	<b>DENS. PER M<sup>2</sup></b>	<b>ABB. REL.</b>
<u>Acropora</u>	3174	2,645	37,13%
<u>Pavona</u>	1656	1,380	19,37%
<u>Porites</u>	1184	0,987	13,85%
<u>Psammocora</u>	430	0,358	5,03%
<u>Isopora</u>	400	0,333	4,68%
<u>Pocillopora</u>	381	0,318	4,46%
<u>Favites</u>	193	0,161	2,26%
<u>Fungia</u>	193	0,161	2,26%
<u>Goniastrea</u>	163	0,136	1,91%
<u>Echinopora</u>	141	0,118	1,65%
<u>Galaxea</u>	99	0,083	1,16%
<u>Hydnophora</u>	89	0,074	1,04%
<u>Astreopora</u>	69	0,058	0,81%
<u>Favia</u>	66	0,055	0,77%
<u>Cyphastrea</u>	57	0,048	0,67%
<u>Pectina</u>	39	0,033	0,46%
<u>Goniopora</u>	32	0,027	0,37%
<u>Leptoseris</u>	30	0,025	0,35%
<u>Pachyseris</u>	23	0,019	0,27%
<u>Turbinaria</u>	20	0,017	0,23%
<u>Gardineroseris</u>	18	0,015	0,21%
<u>Symphyllia</u>	14	0,012	0,16%
<u>Lobophyllia</u>	12	0,010	0,14%
<u>Alveopora</u>	12	0,010	0,14%
<u>Platygira</u>	11	0,009	0,13%
<u>Tubastrea</u>	8	0,007	0,09%
<u>Herpolitha</u>	7	0,006	0,08%
<u>Leptoria</u>	6	0,005	0,07%
<u>Diploastrea</u>	5	0,004	0,06%
<u>Halomitra</u>	5	0,004	0,06%
<u>Leptastrea</u>	4	0,003	0,05%
<u>Caulastrea</u>	4	0,003	0,05%
<u>Micedium</u>	2	0,002	0,02%
<u>Acanthastrea</u>	1	0,001	0,01%

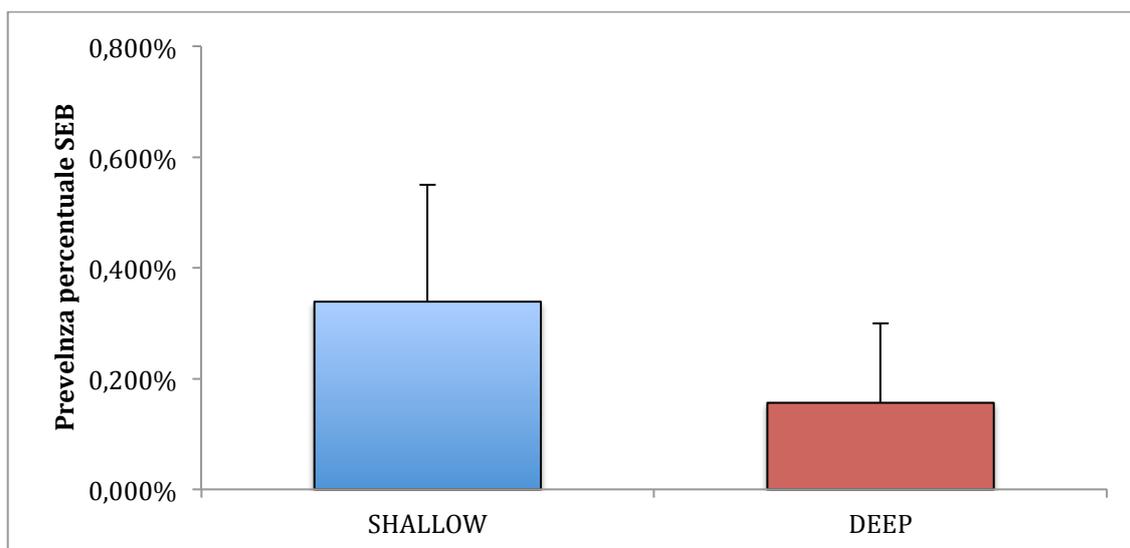
All'interno dell'area delimitata dai *belt transect* sono state contate le colonie di madrepora affette dalla *Skeleton Eroding Band*. Nell'isola di Magoodhoo sono state rilevate complessivamente 19 colonie colpite da tale malattia, nello specifico sono state contate 14 colonie del genere *Acropora* e 5 del genere *Pocillopora*. La prevalenza media della malattia, registrata per tale isola è di 0,25%  $\pm$ 0,14. La prevalenza media della SEB a livello di profondità, è risultata maggiore nelle stazioni Shallow (0,34%  $\pm$ 0,21), rispetto alle Deep (0,16%  $\pm$ 0,14) (grafico 1). Per quanto riguarda i siti

analizzati il valore massimo di prevalenza media è stato ritrovato nel Sito 2 con un valore di 0,40%  $\pm 0,17$  mentre il minimo nel Sito 3 con un valore di 0,07%  $\pm 0,10$ . (vedi Tabella 6).

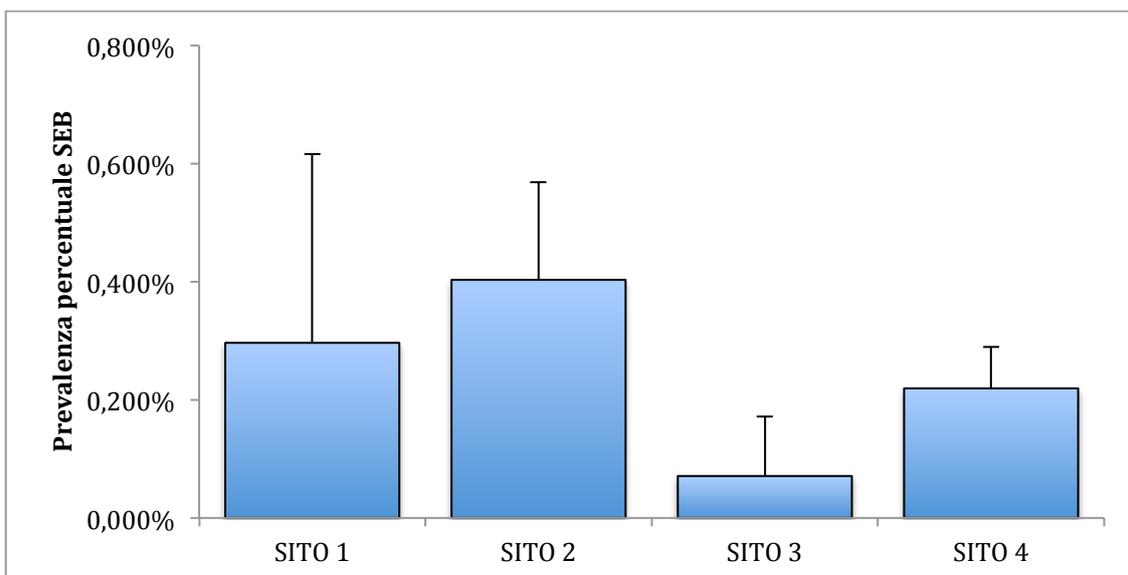
**Tabella 6** – Valori percentuali delle prevalenze *Skeleton Eroding Band* nell'isola di Magoodhoo

PREVALENZE PER SITO E PROFONDITA'	SHALLOW				DEEP			
	SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4	SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4
	0,52% $\pm 0,46$	0,52% $\pm 0,48$	0,14% $\pm 0,12$	0,17% $\pm 0,15$	0,07% $\pm 0,12$	0,29% $\pm 0,30$	0,00% $\pm 0,00$	0,27% $\pm 0,47$
PREVALENZE PER SITO	SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4				
	0,30% $\pm 0,32$	0,40% $\pm 0,17$	0,07% $\pm 0,10$	0,22% $\pm 0,07$				
PREVALENZE PER PROFONDITA'	SHALLOW	DEEP						
	0,34% $\pm 0,21$	0,16% $\pm 0,14$						
PREVALENZA TOTALE MAGOODHO	MAGOODHO							
	0,25% $\pm 0,14$							

A seguito vengono riportati i grafici illustrativi dei valori di prevalenza della SEB relativi alla Tabella 6.

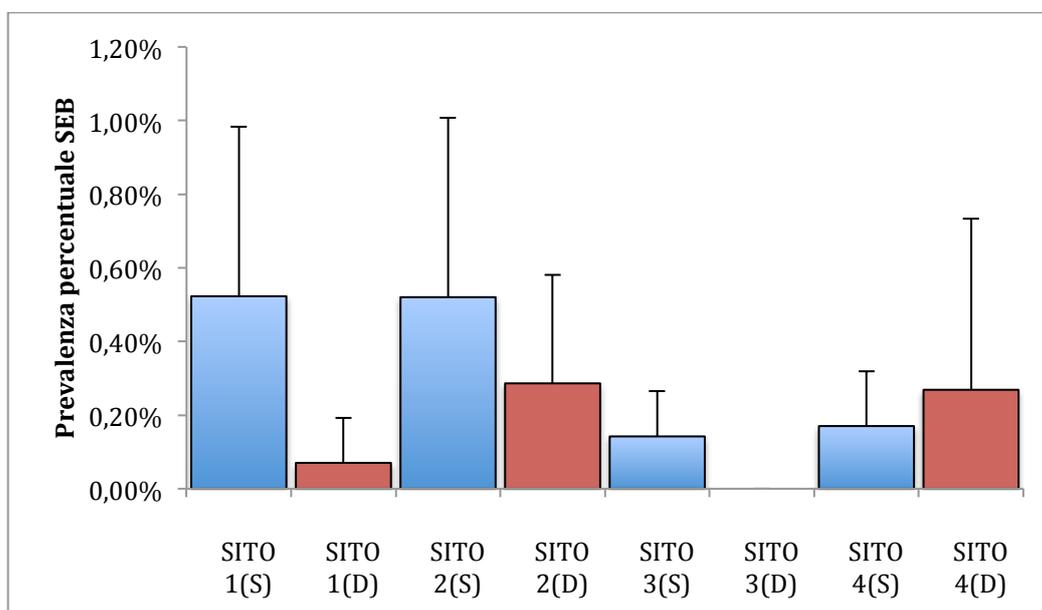


**Grafico 1** – Prevalenze SEB per profondità isola di Magoodhoo



**Grafico 2** – Prevalenze SEB per sito isola di Magoodhoo

Dal grafico 2 si evince che il Sito 2 presenta il livello più alto di prevalenza della *Skeleton Eroding Band* (prevalenza 0,40 ±0,17), seguito dal Sito 1 (prevalenza di 0,30% ±0,32), dal Sito 4 (prevalenza 0,22% ± 0,07) e infine dal Sito 3 (prevalenza 0,07% ±0,10).



**Grafico 3-** Prevalenze SEB per sito e profondità isola di Magoodhoo

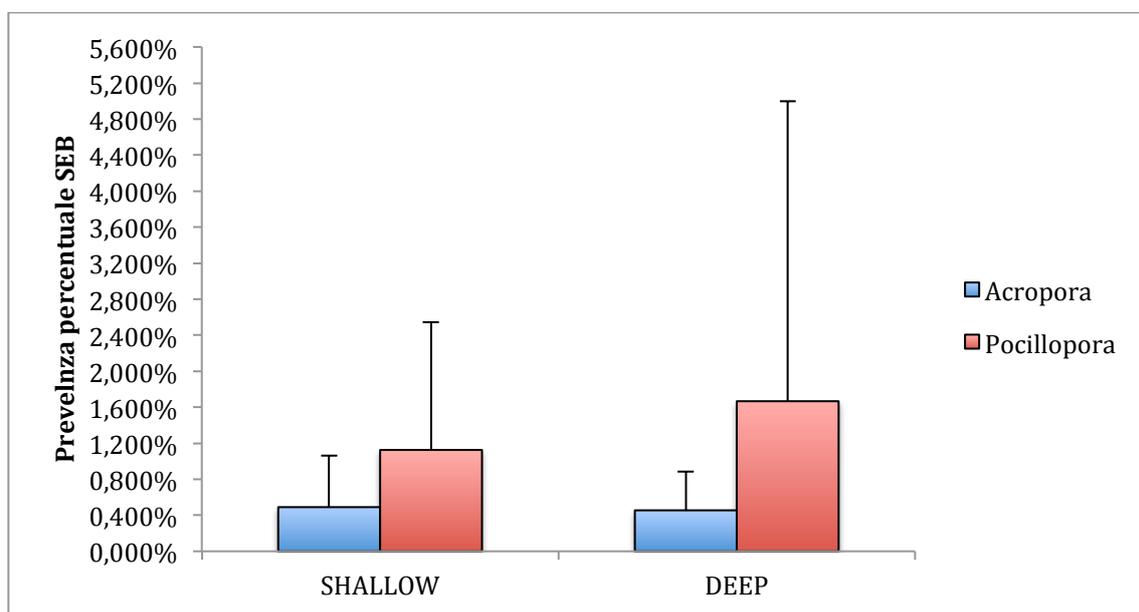
Nel grafico 3 si nota come le prevalenze della *Skeleton Eroding Band* siano più elevate alla profondità compresa tra 0 e 5 metri, con valori di 0,52% ±0,46 per la stazione “Sito 1 Shallow”, 0,52% ±0,50 per la stazione “Sito 2 Shallow” e 0,14% ±0,12 per la stazione “Sito 3 Shallow”. Eccezione è rappresentata dal Sito 4 in cui la prevalenza della patologia risulta più elevata nella

stazione Deep cioè fra i 5 e 15 metri. Inoltre è da notare come nella stazione “Sito 3 Deep” non sia stata ritrovata la patologia.

Sono state inoltre calcolate le prevalenze della *Skeleton Eroding Band* anche per i generi ritrovati all'interno delle stazioni analizzate (vedi Tabella 7). Gli unici generi ritrovati affetti da questa patologia sono stati *Acropora* e *Pocillopora*.

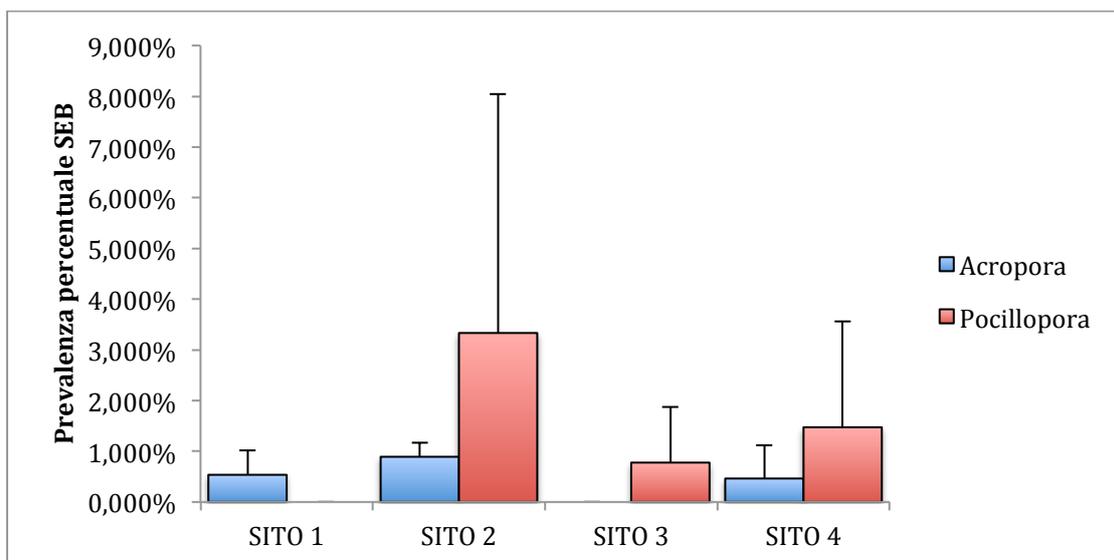
**Tabella 7** – Valori percentuali delle prevalenze per genere della *Skeleton Eroding Band*, isola Magoodhoo

PREVALENZE PER SITO E PROFONDITA'	SHALLOW				DEEP			
	SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4	SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4
<i>Acropora</i>	0,88% ±0,76	1,08% ±1,01	0,00% ±0,00	0,00% ±0,00	0,20% ±0,34	0,70% ±0,01	0,00% ±0,00	0,93% ±1,60
<i>Pocillopora</i>	0,00% ±0,00	0,00% ±0,00	1,55% ±1,35	2,95% ±2,62	0,00% ±0,00	6,67% ±11,55	0,00% ±0,00	0,00% ±0,00
<b>PREVALENZE PER SITO</b>	<b>SITO 1</b>	<b>SITO 2</b>	<b>SITO 3</b>	<b>SITO 4</b>				
<i>Acropora</i>	0,54% ±0,48	0,89% ±0,27	0,00% ±0,00	0,46% ±0,66				
<i>Pocillopora</i>	0,00% ±0,00	3,33% ±4,71	0,78% ±1,10	1,47% ±2,09				
<b>PREVALENZE PER PROFONDITA'</b>	<b>SHALLOW</b>	<b>DEEP</b>						
<i>Acropora</i>	0,49% ±0,57	0,46% ±0,43						
<i>Pocillopora</i>	1,13% ±1,42	1,67% ±3,33						
<b>PREVALENZA TOTALE MAGOODHO</b>	<b>MAGOODHO</b>							
<i>Acropora</i>	0,47% ±0,47							
<i>Pocillopora</i>	1,40% ±2,39							



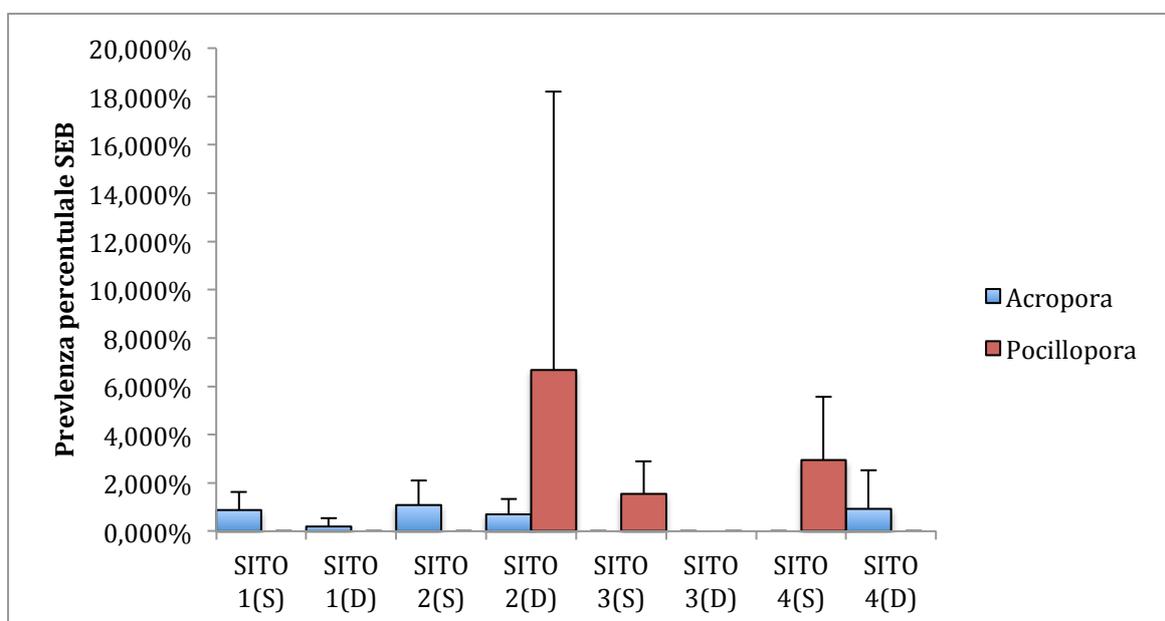
**Grafico 4** – Prevalenze SEB per profondità isola di Magoodhoo

Nel grafico 4 vengono visualizzati i valori di prevalenza percentuale media della *Skeleton Eroding Band* in base alla profondità. Si nota che per il genere *Acropora* i valori simili: prevalenza media stazioni Shallow 0,49% ±0,57 e Deep 0,46% ±0,43. Per il genere *Pocillopora* la SEB è stata rinvenuta maggiormente nelle stazioni a profondità Deep con valore medio di 1,67% ±3,33 rispetto alle Shallow con valore medio di 1,13% ±1,42.



**Grafico 5** - Prevalenze SEB per sito isola di Magoodhoo

Dal grafico 5 si nota che per il genere *Acropora* la SEB ha una prevalenza maggiore nel Sito 2 con un valore di 0,89%  $\pm$ 0,27, seguito dal Sito 1 con prevalenza del 0,54%  $\pm$ 0,48 e dal Sito 4 con prevalenza del 0,46%  $\pm$ 0,66. Per il genere *Pocillopora* il sito che presenta la prevalenza più elevata è il Sito 2 (prevalenza 3,33%  $\pm$ 4,71), successivamente il Sito 4 (1,47%  $\pm$ 2,09) e il Sito 3 (prevalenza 0,78%  $\pm$ 1,10). Per entrambi i generi la SEB non è stata rilevata in 2 siti: per le acropore il Sito 3 mentre per le pocillopore il Sito 1.



**Grafico 6** – Prevalenze SEB per sito e profondità isola di Magoodhoo

Nel grafico 6 sono rappresentate le prevalenze percentuali della SEB nei generi *Acropora* e *Pocillopora*. Si nota come il valore massimo si riscontri per le acropore nella stazione “Sito 2

Shallow” con una prevalenza di 1,08%  $\pm$ 1,01, mentre per le pocillopore nella stazione “Sito 2 Deep” con una prevalenza di 6,67%  $\pm$ 11,55.

#### **4.1.3 ANALISI CHIMICA DELLE ACQUE**

L’analisi chimica delle acque nei *reef* di Magoodhoo ha evidenziato nella stazione “Sito 2 Shallow” il maggior contenuto di PO<sub>4</sub> che risulta compreso nel range di 0,07-0,10 mg/l; solo in altre 3 stazioni (“Sito 1 Shallow”, “Sito 2 Deep” e “Sito 3 Shallow”) è stata rilevata la presenza di fosfati con valori di 0,02 mg/l, 0,02 mg/l e 0,01 mg/l rispettivamente. Per quanto riguarda gli NO<sub>3</sub> e gli NO<sub>2</sub> le uniche stazioni in cui sono stati rilevati sono state rispettivamente “Sito 2 Shallow” (1mg/l) e “Sito 1 Deep” (0,1ppm). Dai test effettuati per rilevare ammoniaca e carico organico tutte le stazioni hanno dato risultati non rilevabili (vedi Tabella 8).

**Tabella 8** – Risultati analisi chimica acque isola di Magoodhoo

	<u>SITO 1 S</u>	<u>SITO 1 D</u>	<u>SITO 2 S</u>	<u>SITO 2 D</u>	<u>SITO 3 S</u>	<u>SITO 3 D</u>	<u>SITO 4 S</u>	<u>SITO 4 D</u>
<b><u>PO4</u></b>	0,02 mg/l	0,00mg/l	0,07-0,10mg/l	0,02mg/l	0,01mg/l	0,00mg/l	0,00mg/l	0,00mg/l
<b><u>NO3</u></b>	0,00mg/l	0,00mg/l	1 mg/l	0,00mg/l	0 mg/l	0,00mg/l	0,00mg/l	0,00mg/l
<b><u>NO2</u></b>	0 ppm	0,1 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm
<b><u>AMMONIA</u></b>	< 0,25 mg/l							
<b><u>ORGANICS</u></b>	very low pollution							

## **4.2 FILITHEYO**

Sull'isola di Filithayo sono stati campionati 4 stazioni Shallow e 4 Deep per un totale di 8 stazioni. In totale si sono effettuati 24 *belt transect* e 24 *point intercept transect* ricoprendo un'area totale di 1200 m<sup>2</sup>. Nel complesso sono state contate 9'162 colonie di sclerattinie appartenenti a 38 generi. Circa il 50% dei transetti e l'87,50% delle stazioni mostrano la presenza di almeno una colonia malata. Tra tutte le colonie contate, 16 sono risultate colpite dalla *Skeleton Eroding Band*. La maggior parte delle stazioni dove è stata rilevata la presenza della malattia appartengono alla profondità Shallow (75%), mentre le restanti sono della profondità Deep (25%). Dal punto di vista qualitativo la patologia è stata ritrovata in 3 generi (*Acropora*, *Pocillopora* e *Galaxea*) appartenenti a 3 famiglie (*Acroporidae*, *Pocilloporidae* e *Oculinidae*).

### **4.2.1 ANALISI DELLA COMPOSIZIONE BENTONICA**

L'indagine svolta sulle formazioni madreporiche dell'isola di Filithayo tramite *point intercept transect* ha permesso di calcolare i valori medi di ricoprimento percentuale delle macrocategorie indagate prese in considerazione (vedi metodo). Tali valori sono stati calcolati effettuando la media sui 3 transetti per ogni sito e per ogni profondità. Per quanto riguarda le macrocategorie indagate, Filithayo mostra una percentuale totale media del 54,58%  $\pm$ 7,51 di Corallo Duro, 15,75%  $\pm$ 9,14 di Rubble, 2,67%  $\pm$ 1,55 di Sabbia, 17,33%  $\pm$ 7,43 di Roccia, 4,50%  $\pm$ 2,41 di Corallo Morto e infine 4,83%  $\pm$ 4,87 di Altro. In particolare il ricoprimento percentuale di corallo duro è risultato maggiore alla profondità tra i 5 e i 15 metri con un valore di 56,67%  $\pm$ 3,35 rispetto al 52,50%  $\pm$ 10,43 ritrovato a profondità tra gli 0 e 5 metri. Inoltre tale macrocategoria ha mostrato il maggior ricoprimento nella stazione "Sito 4 Shallow" (62,67%  $\pm$ 5,77) e il minore nella stazione "Sito 3 Shallow" con valore percentuale di 38,00%  $\pm$ 8,72.

Dall'analisi dei PIT è emerso che i generi maggiormente presenti all'interno di tali transetti sono risultati: *Acropora* (22,50%  $\pm$ 9,44), *Porites* (8,83%  $\pm$ 5,54), *Pocillopora* (7,75%  $\pm$ 3,57), *Pavona* (3,17%  $\pm$ 2,41), *Cyphastrea* (1,92%  $\pm$ 1,15), *Psammocora* (1,83%  $\pm$ 1,41), *Montipora* (1,75%  $\pm$ 1,63), *Astreopora* (1,58%  $\pm$ 1,63), *Leptoseris* (1,08%  $\pm$ 1,28), *Leptastrea* (0,92%  $\pm$ 1,00) e *Favites* (0,83%  $\pm$ 0,93). Altri generi ritrovati sono: *Favia*, *Symphyllia*, *Mycedium*, *Tubastrea*, *Goniastrea*, *Pachyseris*, *Leptoria*, *Diploastrea*, *Hydnophora*, *Fungia*, *Galaxea* e *Lobophyllia* che presentano valori percentuali inferiori allo 0,50%. I risultati sono riportati in tabella 9.

**Tabella 9 - Valori di ricoprimento percentuale per sito e profondità isola Filitheyo**

	SITO 1				SITO 2				SITO 3				SITO 4				TOTALE	
	SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		MEDIA TOT	D.S
	MEDIA	D.S																
<u>Corallo duro</u>	53,33	16,17	52,00	4,00	56,00	7,21	60,00	2,00	38,00	8,72	57,33	12,22	62,67	5,77	57,33	1,15	54,58	7,51
<u>Roccia</u>	14,00	12,17	32,67	6,11	10,00	11,14	12,67	4,62	22,67	4,62	19,33	2,31	12,00	8,72	15,33	4,16	17,33	7,43
<u>Rubble</u>	21,33	11,02	3,33	4,16	24,67	6,43	8,67	4,16	30,67	10,07	10,00	5,29	15,33	5,03	12,00	2,00	15,75	9,14
<u>Sabbia</u>	1,33	1,15	0,00	0,00	3,33	1,15	4,00	4,00	4,00	2,00	1,33	2,31	4,00	0,00	3,33	4,16	2,67	1,55
<u>Corallo morto</u>	9,33	5,03	2,67	3,06	6,00	3,46	2,67	3,06	3,33	4,16	2,67	1,15	6,00	2,00	3,33	3,06	4,50	2,41
<u>Other</u>	0,67	1,15	9,33	3,06	0,00	0,00	12,00	3,46	1,33	1,15	8,67	4,62	0,00	0,00	6,67	1,15	4,83	4,87
<b>TOTALE</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>																
<u>Acropora</u>	33,33	14,05	18,67	1,15	35,33	3,06	17,33	1,15	7,33	2,31	18,00	4,00	29,33	6,43	20,67	2,31	22,50	9,44
<u>Porites</u>	4,00	0,00	4,00	3,46	3,33	3,06	14,00	2,00	18,67	8,08	6,00	2,00	11,33	10,26	9,33	2,31	8,83	5,54
<u>Pocillopora</u>	8,00	2,00	6,67	1,15	8,00	2,00	4,67	1,15	5,33	5,03	4,00	2,00	15,33	9,02	6,00	2,00	7,25	3,57
<u>Pavona</u>	0,67	1,15	6,00	2,00	1,33	1,15	4,00	2,00	0,67	1,15	5,33	1,15	1,33	2,31	6,00	2,00	3,17	2,41
<u>Cyphastrea</u>	0,67	1,15	1,33	2,31	1,33	1,15	4,00	0,00	1,33	1,15	3,33	3,06	1,33	1,15	2,00	2,00	1,92	1,15
<u>Psammocora</u>	2,00	2,00	0,67	1,15	1,33	2,31	3,33	1,15	0,67	1,15	2,67	2,31	0,00	0,00	4,00	2,00	1,83	1,41
<u>Montipora</u>	1,33	1,15	4,00	2,00	1,33	2,31	4,00	2,00	0,00	0,00	2,67	2,31	0,67	1,15	0,00	0,00	1,75	1,63
<u>Astreopora</u>	0,67	1,15	2,67	3,06	3,33	5,77	2,00	2,00	0,00	0,00	4,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,58	1,63
<u>Leptoseris</u>	0,00	0,00	3,33	2,31	0,00	0,00	1,33	1,15	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	1,08	1,28
<u>Leptastrea</u>	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	2,67	3,06	1,33	2,31	0,67	1,15	0,92	1,00
<u>Favites</u>	0,00	0,00	1,33	1,15	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	1,33	1,15	0,83	0,93
<u>Favia</u>	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,67	1,15	0,00	0,00	1,33	2,31	0,42	0,50
<u>Symphylia</u>	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,67	1,15	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,36
<u>Micedium</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,94
<u>Tubastrea</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	3,46	0,00	0,00	0,67	1,15	0,33	0,71
<u>Goniastrea</u>	1,33	2,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50
<u>Pachyseris</u>	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,25	0,35
<u>Leptoria</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	2,31	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,25	0,50
<u>Diploastrea</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	3,46	0,25	0,71
<u>Hydnophora</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,17	0,31
<u>Fungia</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24
<u>Galaxea</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,08	0,24
<u>Lobophyllia</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24
<u>Roccia</u>	14,00	12,17	32,67	6,11	10,00	11,14	12,67	4,62	22,67	4,62	19,33	2,31	12,00	8,72	15,33	4,16	17,33	7,43
<u>Rubble</u>	21,33	11,02	3,33	4,16	24,67	6,43	8,67	4,16	30,67	10,07	10,00	5,29	15,33	5,03	12,00	2,00	15,75	9,14
<u>Sabbia</u>	1,33	1,15	0,00	0,00	3,33	1,15	4,00	4,00	4,00	2,00	1,33	2,31	4,00	0,00	3,33	4,16	2,67	1,55
<u>Corallo morto</u>	9,33	5,03	2,67	3,06	6,00	3,46	2,67	3,06	3,33	4,16	2,67	1,15	6,00	2,00	3,33	3,06	4,50	2,41
<u>Other</u>	0,67	1,15	9,33	3,06	0,00	0,00	12,00	3,46	1,33	1,15	8,67	4,62	0,00	0,00	6,67	1,15	4,83	4,87
<b>TOTALE</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>																

#### **4.2.2 PREVALENZA DELLA SKELETON ERODING BAND**

Delle 9162 colonie di sclerattinie contate nei *reefs* di Filitheyo, il 29,43% appartiene al genere *Acropora*, il 12,62% al genere *Pocillopora*, l'11,89% al genere *Pavona* e il 7,57% al genere *Psammocora*. I restanti generi mostrano abbondanze relative al di sotto del 4% (vedi Tabella 10).

**Tabella 10-** Numero colonie sclerattine contate, densità per m<sup>2</sup> e abbondanza relativa nel *belt transect* isola di Filitheyo

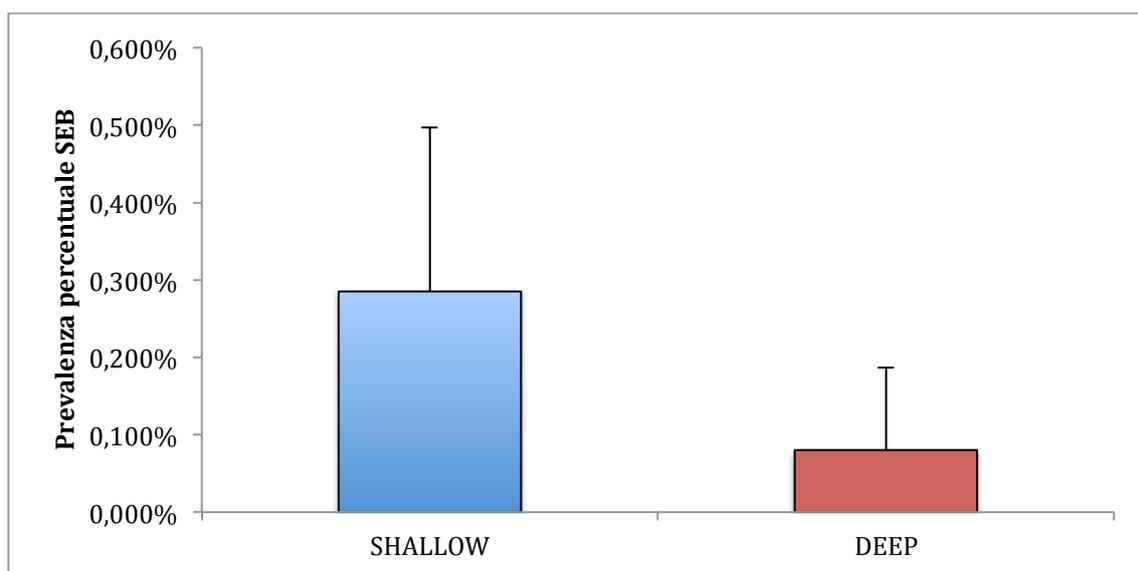
	<b>NUM. COLONIE</b>	<b>DENS. PER M<sup>2</sup></b>	<b>ABB. REL.</b>
<u>Acropora</u>	2696	2,247	29,43%
<u>Pocillopora</u>	1156	0,963	12,62%
<u>Porites</u>	1089	0,908	11,89%
<u>Pavona</u>	1086	0,905	11,85%
<u>Psammocora</u>	694	0,578	7,57%
<u>Cyphastrea</u>	230	0,192	2,51%
<u>Favites</u>	222	0,185	2,42%
<u>Astreopora</u>	208	0,173	2,27%
<u>Leptastrea</u>	205	0,171	2,24%
<u>Montipora</u>	181	0,151	1,98%
<u>Favia</u>	179	0,149	1,95%
<u>Leptoseris</u>	150	0,125	1,64%
<u>Goniastrea</u>	125	0,104	1,36%
<u>Tubastrea</u>	118	0,098	1,29%
<u>Galaxea</u>	109	0,091	1,19%
<u>Pachiseris</u>	95	0,079	1,04%
<u>Leptoria</u>	87	0,073	0,95%
<u>Fungia</u>	86	0,072	0,94%
<u>Lobophyllia</u>	86	0,072	0,94%
<u>Hydnophora</u>	69	0,058	0,75%
<u>Diploastrea</u>	58	0,048	0,63%
<u>Micedium</u>	48	0,040	0,52%
<u>Platygira</u>	32	0,027	0,35%
<u>Pectina</u>	28	0,023	0,31%
<u>Turbinaria</u>	26	0,022	0,28%
<u>Synphyllia</u>	24	0,020	0,26%
<u>Goniopora</u>	18	0,015	0,20%
<u>Echinopora</u>	16	0,013	0,17%
<u>Caulastrea</u>	9	0,008	0,10%
<u>Gardineroseris</u>	7	0,006	0,08%
<u>Alveopora</u>	7	0,006	0,08%
<u>Isopora</u>	6	0,005	0,07%
<u>Halomitra</u>	5	0,004	0,05%
<u>Herpolitha</u>	3	0,003	0,03%
<u>Scolymia</u>	1	0,001	0,01%
<u>Trachyphyllia</u>	1	0,001	0,01%
<u>Euphyllia</u>	1	0,001	0,01%
<u>Physogyra</u>	1	0,001	0,01%

All'interno dell'area delimitata dai *belt transect* sono state contate le colonie di madrepora affette dalla *Skeleton Eroding Band*. Nell'isola di Filitheyo sono state rilevate complessivamente 16 colonie che presentano tale patologia, nello specifico sono state contate 4 colonie del genere *Acropora*, 12 del genere *Pocillopora* e 1 del genere *Galaxea*. La prevalenza media della malattia, registrata per tale isola, è di 0,18%  $\pm$ 0,19. La prevalenza media della SEB a livello di profondità è risultata maggiore nelle stazioni Shallow (0,29%  $\pm$ 0,21), rispetto alle Deep (0,08%  $\pm$ 0,11) (grafico 7). Per quanto riguarda i siti analizzati il valore massimo di prevalenza media è stato ritrovato nel Sito 1 con un valore di 0,28%  $\pm$ 0,40, mentre il minimo nel Sito 4 con un valore di 0,10%  $\pm$ 0,01. (vedi Tabella 11).

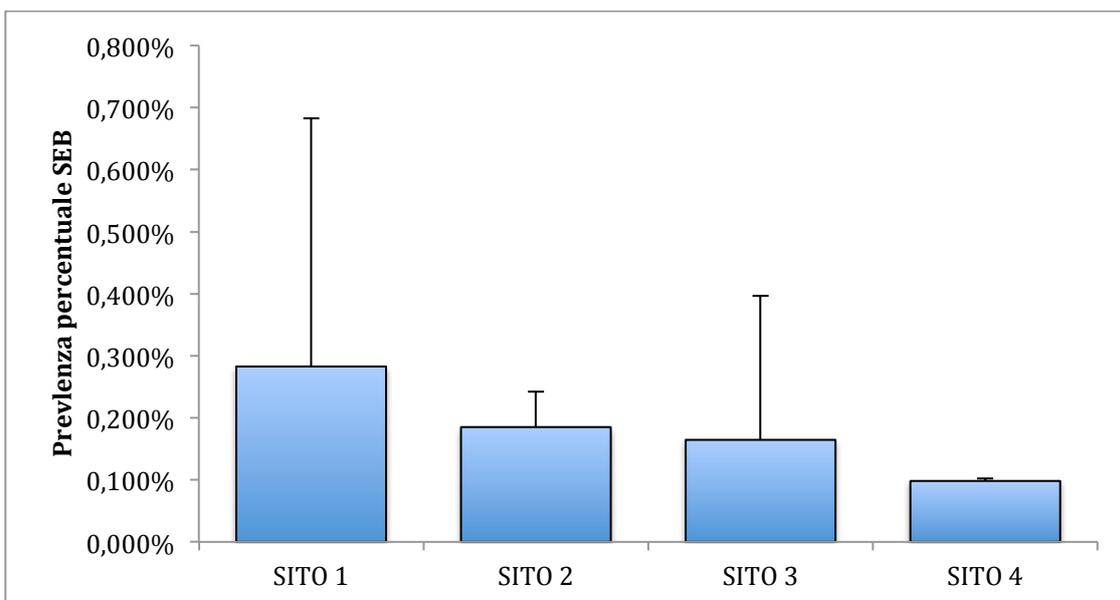
**Tabella 11** – Valori percentuali delle prevalenze *Skeleton Eroding Band* nell'isola di Filitheyo

PREVALENZE PER SITO E PROFONDITA'	SHALLOW				DEEP			
	SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4	SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4
	0,57% $\pm$ 0,53	0,15% $\pm$ 0,25	0,33% $\pm$ 0,37	0,10% $\pm$ 0,18	0,00% $\pm$ 0,00	0,23% $\pm$ 0,22	0,00% $\pm$ 0,00	0,10% $\pm$ 0,17
PREVALENZE PER SITO	SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4				
	0,28% $\pm$ 0,40	0,19% $\pm$ 0,06	0,17% $\pm$ 0,23	0,10% $\pm$ 0,00				
PREVALENZE PER PROFONDITA'	SHALLOW	DEEP						
	0,29% $\pm$ 0,21	0,08% $\pm$ 0,11						
PREVALENZA TOTALE FILITHEYO	FILITHEYO							
	0,18% $\pm$ 0,19							

A seguito vengono riportati i grafici illustrativi dei valori di prevalenza della SEB relativi alla Tabella 11.

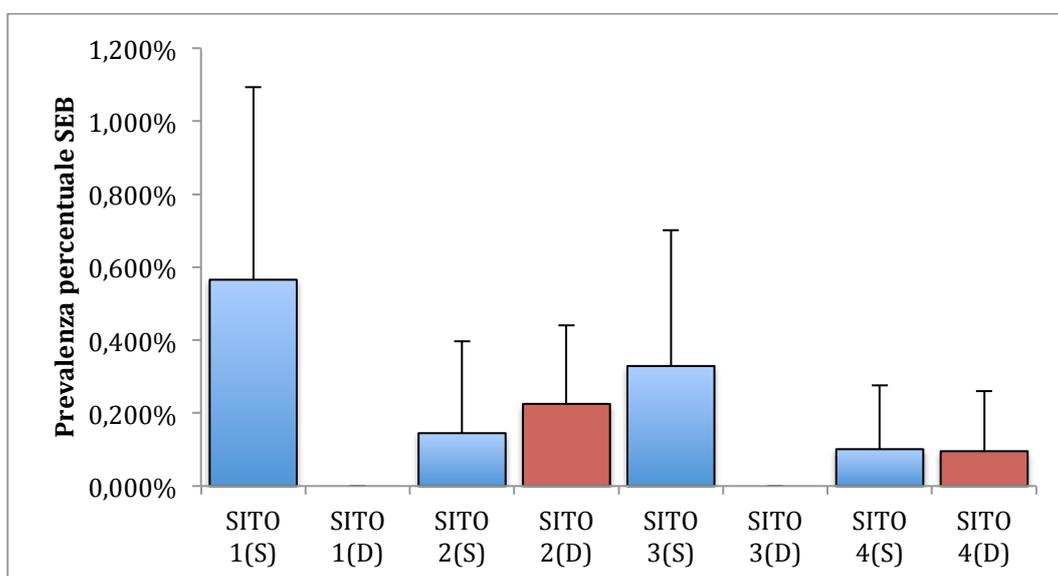


**Grafico 7** – Prevalenze SEB per profondità isola di Filitheyo



**Grafico 8** – Prevalenze SEB per sito isola di Filithayo

Dal grafico 8 si evince che il Sito 1 presenta il livello più alto di prevalenza della *Skeleton Eroding Band* (prevalenza 0,28% ±0,40), seguito dal Sito 2 con prevalenza di 0,19% ±0,06, dal Sito 3 (prevalenza 0,17% ± 0,23) e infine dal Sito 4 (prevalenza 0,10% ±0,00).



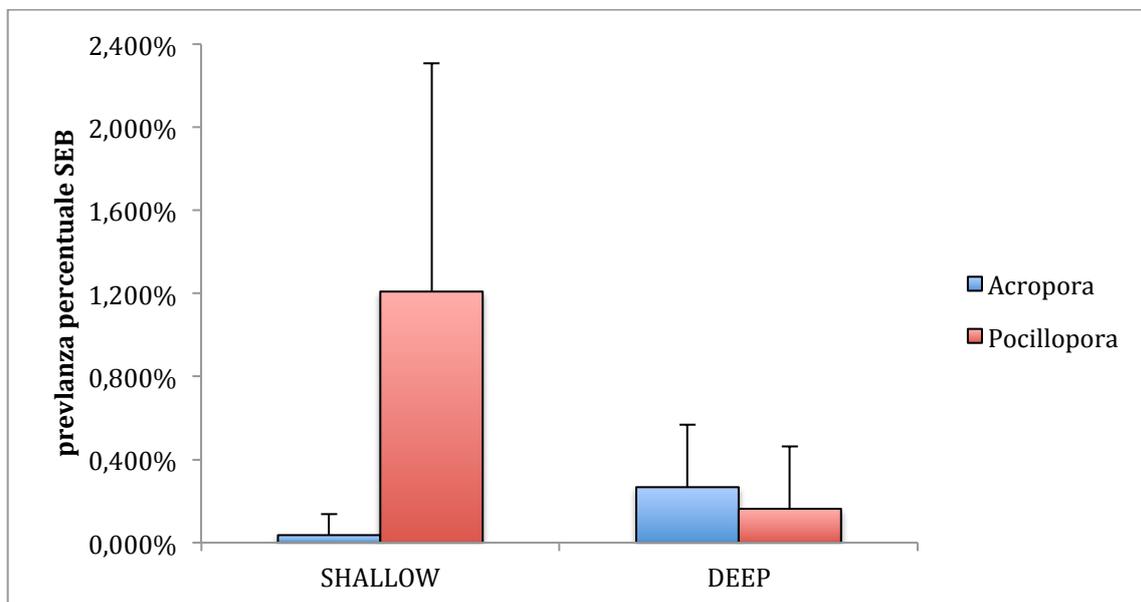
**Grafico 9**- Prevalenze SEB per sito e profondità isola di Filithayo

Nel grafico 9 si nota come le prevalenze della *Skeleton Eroding Band* siano più elevate alla profondità compresa tra 0 e 5 metri, con valori di 0,57% (±0,53) per la stazione “Sito 1 Shallow”; di 0,33% ±0,37 per la stazione “Sito 3 Shallow”; 0,15% ±0,25 per la stazione “Sito 2 Shallow” e infine di 0,10% ±0,18 per quella “Sito 4 Shallow”. Da notare come in due stazioni alla profondità Deep non sia stata riscontrata la malattia.

Sono state inoltre calcolate le prevalenze della *Skeleton Eroding Band* anche per i generi ritrovati all'interno delle stazioni analizzate (vedi Tabella 12). Gli unici generi ritrovati affetti da questa patologia sono stati *Acropora*, *Pocillopora* e *Galaxea* con prevalenze totali di:  $0,15\% \pm 0,20$ ;  $0,69\% \pm 0,90$  e  $1,04\% \pm 2,90$  rispettivamente.

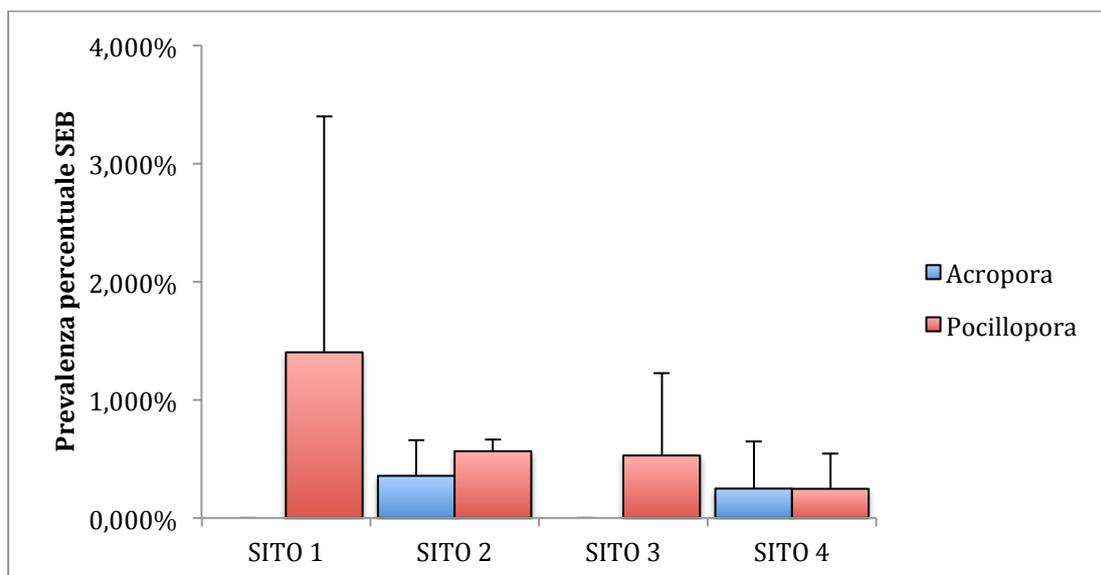
**Tabella 12** – Valori percentuali delle prevalenze per genere della *Skeleton Eroding Band*, isola di Filithayo

PREVALENZE PER SITO E PROFONDITA'	SHALLOW				DEEP			
	SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4	SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4
<u>Acropora</u>	0,00% ±0,00	0,14% ±0,20	0,00% ±0,00	0,00% ±0,00	0,00% ±0,00	0,57% ±1,00	0,00% ±0,00	0,50% ±0,90
<u>Pocillopora</u>	2,81% ±2,60	0,48% ±0,80	1,06% ±1,80	0,49% ±0,90	0,00% ±0,00	0,65% ±1,10	0,00% ±0,00	0,00% ±0,00
<u>Galaxea</u>	0,00% ±0,00	0,00% ±0,00	8,33% ±14,40	0,00% ±0,00	0,00% ±0,00	0,00% ±0,00	0,00% ±0,00	0,00% ±0,00
<b>PREVALENZE PER SITO</b>								
<u>Acropora</u>	0,00% ±0,00	0,36% ±0,30	0,00% ±0,00	0,25% ±0,40				
<u>Pocillopora</u>	1,40% ±2,00	0,57% ±0,10	0,53% ±0,70	0,25% ±0,30				
<u>Galaxea</u>	0,00% ±0,00	0,00% ±0,00	4,17% ±5,90	0,00% ±0,00				
<b>PREVALENZE PER PROFONDITA'</b>	<b>SHALLOW</b>	<b>DEEP</b>						
<u>Acropora</u>	0,04% ±0,10	0,27% ±0,30						
<u>Pocillopora</u>	1,21% ±1,10	0,16% ±0,30						
<u>Galaxea</u>	2,08% ±4,20	0,00% ±0,00						
<b>PREVALENZA TOTALE FILITHEYO</b>	<b>FILITHEYO</b>							
<u>Acropora</u>	0,15% ±0,20							
<u>Pocillopora</u>	0,69% ±0,90							
<u>Galaxea</u>	1,04% ±2,90							



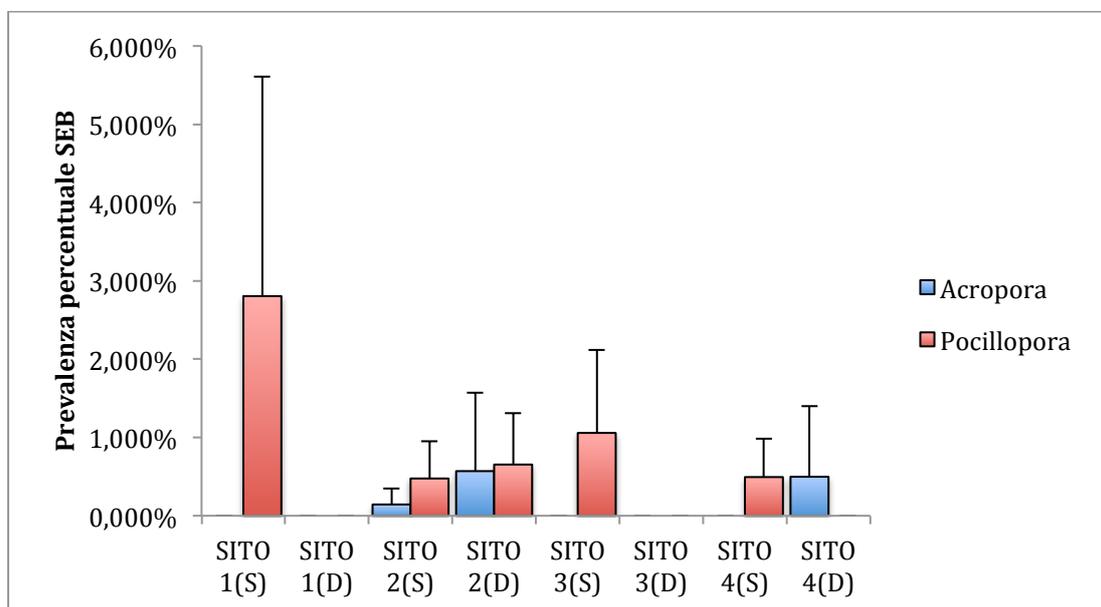
**Grafico 10**- Prevalenze SEB per profondità isola di Filithayo

Nel grafico 10 vengono visualizzati i valori di prevalenza percentuale media della *Skeleton Eroding Band* in base alla profondità. Si nota che per il genere *Acropora* il valore massimo si ha alla profondità Deep ( $0,27\% \pm 0,30$ ), mentre per il genere *Pocillopora* la prevalenza percentuale più elevata è stata riscontrata alla profondità Shallow ( $1,21\% \pm 1,10$ ).



**Grafico 11** - Prevalenze SEB per sito isola di Filitheyo

Dal grafico 11 si nota che per il genere *Acropora* la presenza SEB è stata rilevata solo in 2 siti con prevalenze di: 0,36% ( $\pm 0,30$ ) per il Sito 2 e 0,25% ( $\pm 0,40$ ) per il Sito 4. Per quanto riguarda il genere *Pocillopora* il Sito 1 mostra il più alto livello di prevalenza della patologia (1,40%  $\pm 2,00$ ) e il più basso nel Sito 4 (0,25%  $\pm 0,30$ ).



**Grafico 12** – Prevalenze SEB per sito e profondità isola di Filitheyo

Nel grafico 12 sono rappresentate le prevalenze percentuali della SEB nei generi *Acropora* e *Pocillopora*. Si nota come il valore massimo si riscontri per le acropore nella stazione “Sito 2 Deep” con una prevalenza di 0,57% ( $\pm 1,00$ ), mentre per le pocillopore nella stazione “Sito 1

Shallow” con prevalenza di 2,81% ( $\pm 2,60$ ). Inoltre per il genere *Acropora* la SEB non è stata rilevata in 5 stazioni e per il genere *Pocillopora* lo stesso è avvenuto in 3 stazioni.

Infine la *Skeleton Eroding Band* nei reef di Filithayo è stata riscontrata anche nel genere *Galaxea* con una prevalenza totale di 1,04% ( $\pm 2,90$ ). Essa è stata rinvenuta solamente nella stazione “Sito 3 Shallow” in cui il valore di prevalenza della SEB è stato calcolato in 8,33 ( $\pm 14,40$ ) (tabella 12).

#### **4.2.3 ANALISI CHIMICA DELLE ACQUE**

L’analisi chimica delle acque nei reefs di Filithayo ha evidenziato che solamente i nitriti della stazione “Sito 3 Shallow” sono presenti in concentrazione rilevabile dai test utilizzati (0,1 ppm). Fosfati, nitrati, ammoniaca e carico organico, al contrario, in nessuna delle stazioni analizzate in questa isola hanno raggiunto livelli tali da essere rilevati dai test (vedi tabella 13)

**Tabella 13** – Risultati analisi chimica acque isola Filithayo

	<u>SITO 1 S</u>	<u>SITO 1D</u>	<u>SITO 2S</u>	<u>SITO 2D</u>	<u>SITO 3S</u>	<u>SITO 3D</u>	<u>SITO 4S</u>	<u>SITO 4D</u>
<b><u>PO4</u></b>	0,00mg/l							
<b><u>NO3</u></b>	0,00mg/l							
<b><u>NO2</u></b>	0,1 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0,1 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm
<b><u>AMMONIA</u></b>	< 0,25 mg/l							
<b><u>ORGANICS</u></b>	very low pollution							

### 4.3 ADANGAU

Sull'isola di Adangau sono stati campionati 4 stazioni Shallow e 4 Deep per un totale di 8 stazioni. In totale si sono effettuati 24 *belt transect* e 24 *point intercept transect* ricoprendo un'area totale di 1200 m<sup>2</sup>. Nel complesso sono state contate 11'915 colonie di sclerattinie appartenenti a 36 generi. Circa il 75% dei transetti e il 100% delle stazioni mostrano la presenza di almeno una colonia malata. Tra tutte le colonie contate, 45 sono risultate colpite dalla *Skeleton Eroding Band*. La maggior parte delle stazioni dove è stata rilevata la presenza della malattia appartengono alla profondità Shallow (66,67%), mentre le restanti sono della profondità Deep (33,33%). Dal punto di vista qualitativo la patologia è stata ritrovata in 3 generi (*Acropora*, *Isopora* e *Pocillopora*) appartenenti a 2 famiglie (*Acroporidae* e *Pocilloporidae*).

#### 4.3.1 ANALISI DELLA COMPOSIZIONE BENTONICA

L'indagine svolta sulle formazioni madreporiche dell'isola di Adangau tramite *point intercept transect* ha permesso di calcolare i valori medi di ricoprimento percentuale delle macrocategorie indagate prese in considerazione (vedi metodo). Tali valori sono stati calcolati effettuando la media sui 3 transetti per ogni sito e per ogni profondità. Per quanto riguarda le macrocategorie indagate, Adangau mostra una percentuale totale media del 58,58%  $\pm$ 15,37 di Corallo Duro, 19,25%  $\pm$ 14,29 di Rubble, 3,17%  $\pm$ 4,60 di Sabbia, 7,25%  $\pm$ 7,07 di Roccia, 8,00%  $\pm$ 4,17 di Corallo Morto e infine 3,75%  $\pm$ 2,91 di Altro. In particolare il ricoprimento percentuale di corallo duro è risultato maggiore alla profondità tra i 0 e i 5 metri con un valore di 68,67%  $\pm$ 9,90 rispetto a 48,50%  $\pm$ 4,76 ritrovato a profondità maggiore. Inoltre tale macrocategoria ha mostrato il maggior ricoprimento nella stazione "Sito 2 Shallow" (78,67%  $\pm$ 9,45) e il minore nella stazione "Sito 1 Deep" con valore percentuale di (42,67%  $\pm$ 20,03).

Dall'analisi dei PIT è emerso che i generi maggiormente presenti all'interno di tali transetti sono risultati: *Acropora* (33,00%  $\pm$ 9,14), *Pocillopora* (6,00%  $\pm$ 1,75), *Porites* (5,67%  $\pm$ 1,98) *Pavona* (2,67%  $\pm$ 2,02), *Psammocora* (2,33%  $\pm$ 1,55), *Montipora* (1,17%  $\pm$ 1,17), *Leptastrea* (1,08%  $\pm$ 1,47), *Isopora* (0,92%  $\pm$  2,34), *Favites* (0,83%  $\pm$ 0,85). Altri generi ritrovati sono: *Fungia*, *Galaxea*, *Diploastrea*, *Astreopora*, *Leptoseris*, *Herpolitha*, *Goniastrea*, *Favia*, *Symphyllia*, *Lobophyllia*, *Halomitra*, *Hydnophora*, *Cyphastrea*, *Echinopora*, *Pectina*, *Gardineroseris*, *Leptoria* e *Tubastrea* che presentano valori percentuali inferiori allo 0,50%. I risultati sono riportati in tabella 14.

**Tabella 14-** Valori di ricoprimento percentuale per sito e profondità isola Adangau

	SITO 1				SITO 2				SITO 3				SITO 4				TOTALE	
	SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		SHALLOW		DEEP		MEDIA TOT	D.S
	MEDIA	D.S																
<b>Corallo duro</b>	75,33	1,15	42,67	20,03	78,67	9,45	50,00	9,17	58,00	10,39	54,00	12,49	62,67	5,03	47,33	9,45	58,58	15,37
<b>Roccia</b>	8,00	3,46	2,67	2,31	5,33	3,06	8,00	3,46	16,67	17,01	4,67	1,15	8,67	4,16	4,00	5,29	7,25	7,07
<b>Rubble</b>	2,67	2,31	40,00	19,08	5,33	9,24	23,33	5,77	13,33	3,06	24,00	4,00	14,00	4,00	31,33	9,87	19,25	14,29
<b>Sabbia</b>	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	7,33	7,57	0,00	0,00	6,67	3,06	2,00	2,00	7,33	7,02	3,17	4,60
<b>Corallo morto</b>	12,00	3,46	8,67	4,62	8,67	1,15	6,67	3,06	9,33	7,02	5,33	4,16	8,67	4,62	4,67	3,06	8,00	4,17
<b>Other</b>	2,00	2,00	4,00	2,00	2,00	0,00	4,67	3,06	3,33	3,06	4,67	6,43	4,00	2,00	5,33	3,06	3,75	2,91
<b>TOTALE</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>																
<b>Acropora</b>	50,00	4,00	22,67	7,57	40,00	4,00	28,00	9,17	30,67	7,02	25,33	6,43	38,67	4,16	28,67	5,03	33,00	9,14
<b>Pocillopora</b>	6,67	2,31	7,33	5,77	7,33	2,31	2,67	1,15	7,33	2,31	6,00	2,00	6,67	2,31	4,00	3,46	6,00	1,75
<b>Porites</b>	4,00	2,00	5,33	3,06	8,00	2,00	5,33	2,31	9,33	4,16	5,33	6,11	4,00	5,29	4,00	0,00	5,67	1,98
<b>Pavona</b>	0,67	1,15	0,00	0,00	5,33	4,16	3,33	4,16	4,00	3,46	2,67	2,31	4,67	3,06	0,67	1,15	2,67	2,02
<b>Psammocora</b>	2,00	2,00	2,00	3,46	1,33	1,15	4,00	5,29	0,00	0,00	3,33	3,06	1,33	2,31	4,67	3,06	2,33	1,55
<b>Montipora</b>	0,00	0,00	2,67	4,62	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	2,31	0,67	1,15	2,00	2,00	2,67	3,06	1,17	1,17
<b>Leptastrea</b>	3,33	3,06	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	1,33	1,15	0,00	0,00	3,33	1,15	0,00	0,00	1,08	1,47
<b>Isopora</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	6,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	2,34
<b>Favites</b>	0,67	1,15	1,33	1,15	0,67	1,15	0,67	1,15	0,00	0,00	2,67	4,62	0,67	1,15	0,00	0,00	0,83	0,85
<b>Fungia</b>	2,67	1,15	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,07
<b>Galaxea</b>	2,67	3,06	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	1,33	2,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,94
<b>Diploastrea</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	4,00	6,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	1,40
<b>Astreopora</b>	0,67	1,15	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	2,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,78
<b>Leptoseris</b>	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	1,33	2,31	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	1,33	1,15	0,50	0,59
<b>Herpolitha</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,33	2,31	0,00	0,00	1,33	2,31	0,00	0,00	0,67	1,15	0,42	0,61
<b>Goniastrea</b>	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,35
<b>Favia</b>	0,67	1,15	0,00	0,00	1,33	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50
<b>Symphyllia</b>	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,25	0,35
<b>Lobophyllia</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,35
<b>Halomitra</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,71
<b>Hydnophora</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,17	0,31
<b>Cyphastrea</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,31
<b>Echinopora</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24
<b>Pectina</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24
<b>Gardineroseris</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24
<b>Leptoria</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24
<b>Tubastrea</b>	0,00	0,00	0,67	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,24
<b>Roccia</b>	8,00	3,46	2,67	2,31	5,33	3,06	8,00	3,46	16,67	17,01	4,67	1,15	8,67	4,16	4,00	5,29	7,25	7,07
<b>Rubble</b>	2,67	2,31	40,00	19,08	5,33	9,24	23,33	5,77	13,33	3,06	24,00	4,00	14,00	4,00	31,33	9,87	19,25	14,29
<b>Sabbia</b>	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	7,33	7,57	0,00	0,00	6,67	3,06	2,00	2,00	7,33	7,02	3,17	4,60
<b>Corallo morto</b>	12,00	3,46	8,67	4,62	8,67	1,15	6,67	3,06	9,33	7,02	5,33	4,16	8,67	4,62	4,67	3,06	8,00	4,17
<b>Other</b>	2,00	2,00	4,00	2,00	2,00	0,00	4,67	3,06	3,33	3,06	4,67	6,43	4,00	2,00	5,33	3,06	3,75	2,91
<b>TOTALE</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>																

### **4.3.2 PREVALENZA DELLA SKELETON ERODING BAND**

Delle 11'915 colonie di sclerattine contate nei reefs di Adangau, il 38,72% appartiene al genere *Acropora*, il 16,55% al genere *Pavona*, il 9,99% al genere *Porites*, il 6,71% al genere *Pocillopora* e il 6,08% al genere *Psammocora*. I restanti generi mostrano abbondanze relative al di sotto dell' 1% (vedi Tabella 15).

**Tabella 15-** Numero colonie sclerattine contate, densità per m<sup>2</sup> e abbondanza relativa nel *belt transect* isola di Adangau

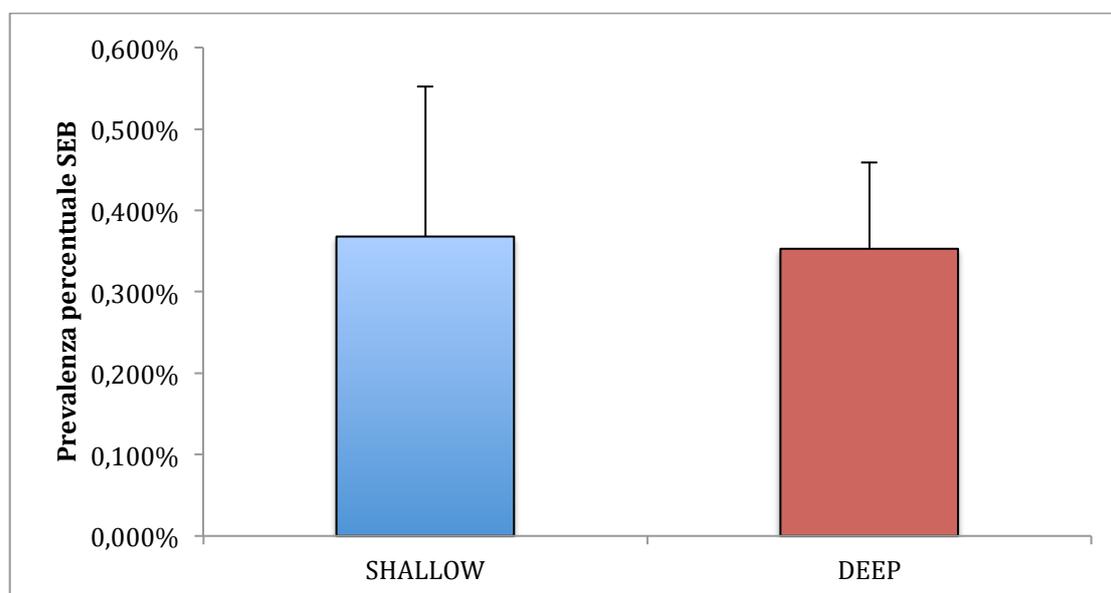
	<b>NUM. COLONIE</b>	<b>DENS. PER M<sup>2</sup></b>	<b>ABB. REL.</b>
<u>Acropora</u>	4614	3,845	38,72%
<u>Pavona</u>	1972	1,643	16,55%
<u>Porites</u>	1190	0,992	9,99%
<u>Pocillopora</u>	799	0,666	6,71%
<u>Psammocora</u>	724	0,603	6,08%
<u>Echinopora</u>	44	0,037	0,37%
<u>Astreopora</u>	60	0,050	0,50%
<u>Goniastrea</u>	157	0,131	1,32%
<u>Favia</u>	63	0,053	0,53%
<u>Favites</u>	314	0,262	2,64%
<u>Fungia</u>	379	0,316	3,18%
<u>Turbinaria</u>	3	0,003	0,03%
<u>Herpolitha</u>	70	0,058	0,59%
<u>Pectina</u>	13	0,011	0,11%
<u>Hydnophora</u>	74	0,062	0,62%
<u>Galaxea</u>	102	0,085	0,86%
<u>Isopora</u>	267	0,223	2,24%
<u>Synphyllia</u>	29	0,024	0,24%
<u>Lobophyllia</u>	65	0,054	0,55%
<u>Leptoseris</u>	91	0,076	0,76%
<u>Pachiseris</u>	38	0,032	0,32%
<u>Cyphastrea</u>	207	0,173	1,74%
<u>Gardineroseris</u>	54	0,045	0,45%
<u>Goniopora</u>	5	0,004	0,04%
<u>Leptastrea</u>	267	0,223	2,24%
<u>Leptoria</u>	8	0,007	0,07%
<u>Platygyra</u>	28	0,023	0,23%
<u>Diploastrea</u>	59	0,049	0,50%
<u>Halomitra</u>	1	0,001	0,01%
<u>Acanthastrea</u>	3	0,003	0,03%
<u>Micedium</u>	1	0,001	0,01%
<u>Merulina</u>	2	0,002	0,02%
<u>Montipora</u>	175	0,146	1,47%
<u>Tubastrea</u>	28	0,023	0,23%
<u>Euphyllia</u>	6	0,005	0,05%
<u>Physogyra</u>	3	0,003	0,03%

All'interno dell'area delimitata dai *belt transect* sono state contate le colonie di madrepora affette dalla *Skeleton Eroding Band*. Nell'isola di Adangau sono state rilevate complessivamente 45 colonie colpite da tale patologia. Nello specifico sono state contate 32 colonie del genere *Acropora*, 12 del genere *Pocillopora* e 1 del genere *Isopora*. La prevalenza media della malattia, registrata per tale isola, è di 0,36%  $\pm$ 0,14. La prevalenza della SEB a livello di profondità è risultata molto simile nelle stazioni Shallow (0,37%  $\pm$ 0,18) e nelle Deep (0,35%  $\pm$ 0,11) (grafico 13). Per quanto riguarda i siti analizzati, il valore massimo di prevalenza media è stato ritrovato nel Sito 3 con un valore di 0,55%  $\pm$ 0,09, mentre il minimo nel Sito 2 con un valore di 0,23%  $\pm$ 0,05. (vedi Tabella 16).

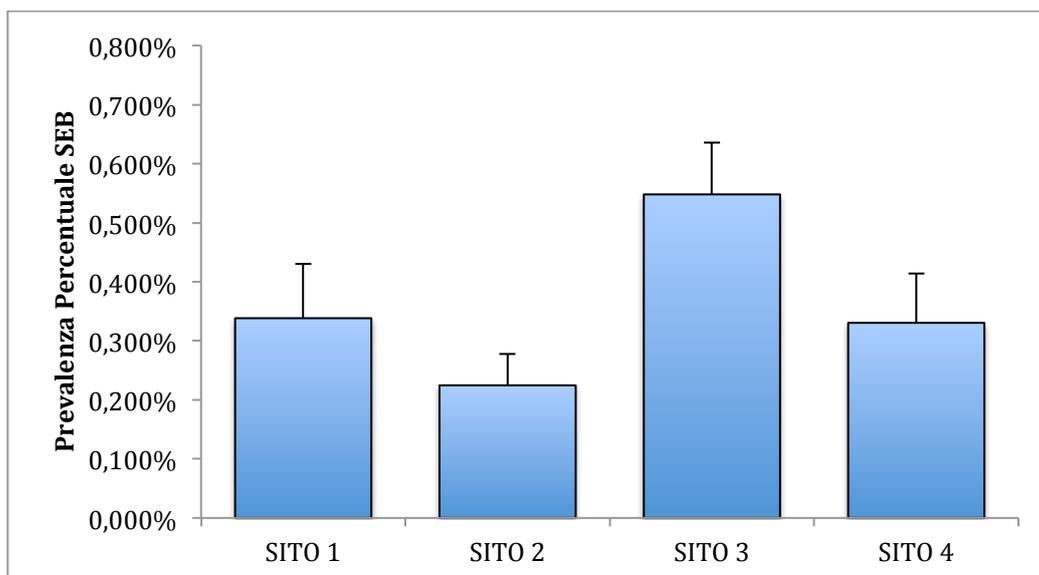
**Tabella 16** – Valori percentuali delle prevalenze *Skeleton Eroding Band* nell'isola di Adangau

PREVALENZE PER SITO E PROFONDITA'	SHALLOW				DEEP			
	SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4	SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4
	0,40% $\pm$ 0,47	0,19% $\pm$ 0,20	0,61% $\pm$ 0,50	0,27% $\pm$ 0,14	0,27% $\pm$ 0,47	0,26% $\pm$ 0,31	0,49% $\pm$ 0,22	0,39% $\pm$ 0,38
PREVALENZE PER SITO	SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4				
	0,34% $\pm$ 0,09	0,23% $\pm$ 0,05	0,55% $\pm$ 0,09	0,33% $\pm$ 0,08				
PREVALENZE PER PROFONDITA'	SHALLOW	DEEP						
	0,37% $\pm$ 0,18	0,35% $\pm$ 0,11						
PREVALENZA TOTALE ADANGAU	ADANGAU							
	0,36% $\pm$ 0,14							

A seguito vengono riportati i grafici illustrativi dei valori di prevalenza della SEB relativi alla Tabella 16.

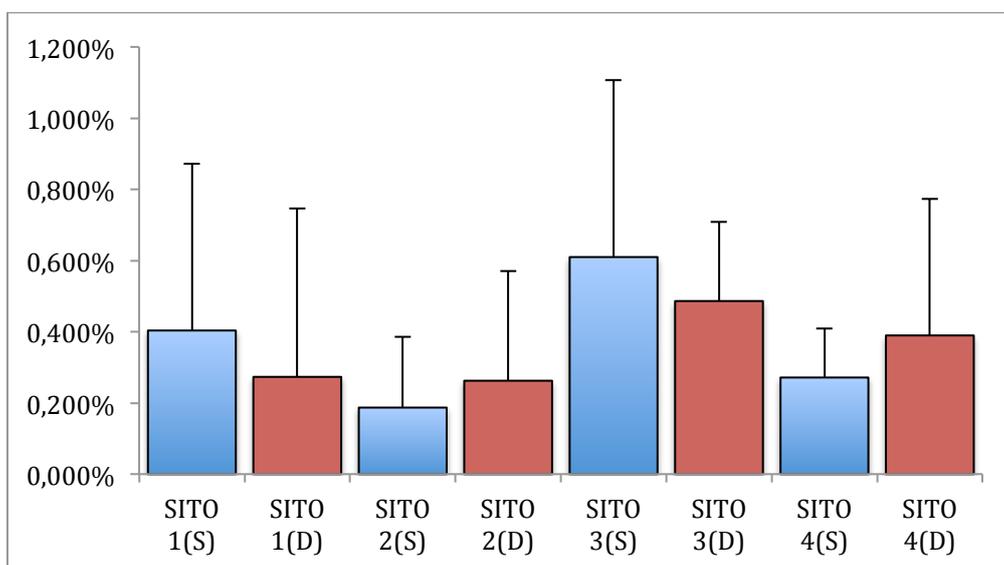


**Grafico 13** – Prevalenze SEB per profondità isola di Adangau



**Grafico 14** – Prevalenze SEB per sito isola di Adangau

Dal grafico 14 si evince che il Sito 3 presenta il livello più alto di prevalenza della *Skeleton Eroding Band* (prevalenza  $0,55 \pm 0,09$ ), seguito dal Sito 1 con prevalenza di  $0,34\% \pm 0,09$ , dal Sito 2 (prevalenza  $0,33\% \pm 0,08$ ) e infine dal Sito 2 (prevalenza  $0,23\% \pm 0,05$ ).



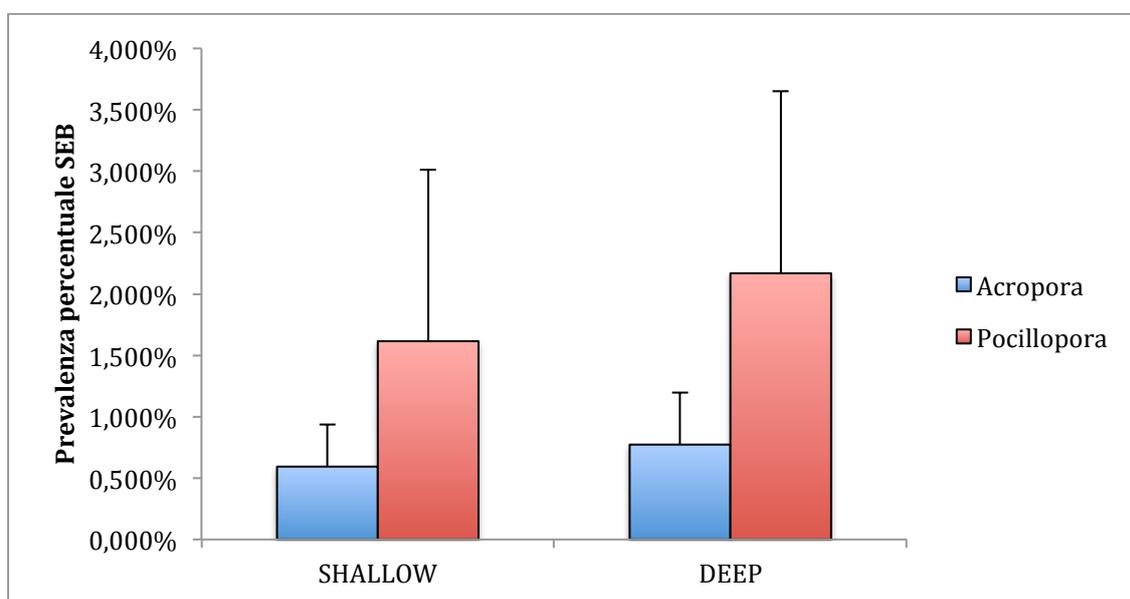
**Grafico 15**- Prevalenze SEB per sito e profondità isola di Adangau

Nel grafico 15 si nota come la stazione “Sito 3 S” ( $0,61\% \pm 0,50$ ) abbia mostrato il livello di prevalenza più alto della patologia, mentre la stazione “Sito 2 S” ( $0,19\% \pm 0,20$ ) il più basso per quanto riguarda la profondità da 0 a 5 metri. Per quanto riguarda quella da 5 a 15 metri il valore più alto di prevalenza si riscontra nella stazione “Sito 3 Deep” ( $0,49\% \pm 0,22$ ) e il più basso nella stazione “Sito 2 Deep” ( $0,26\% \pm 0,31$ ).

Sono state inoltre calcolate le prevalenze della *Skeleton Eroding Band* anche per i generi ritrovati all'interno delle stazioni analizzate (tabella 17). Gli unici generi ritrovati affetti da questa patologia sono stati *Acropora*, *Pocillopora* e *Isopora* con prevalenze totali di: 0,68% ( $\pm 0,35$ ); 1,89% ( $\pm 0,14$ ) e 0,10% ( $\pm 0,29$ ) rispettivamente.

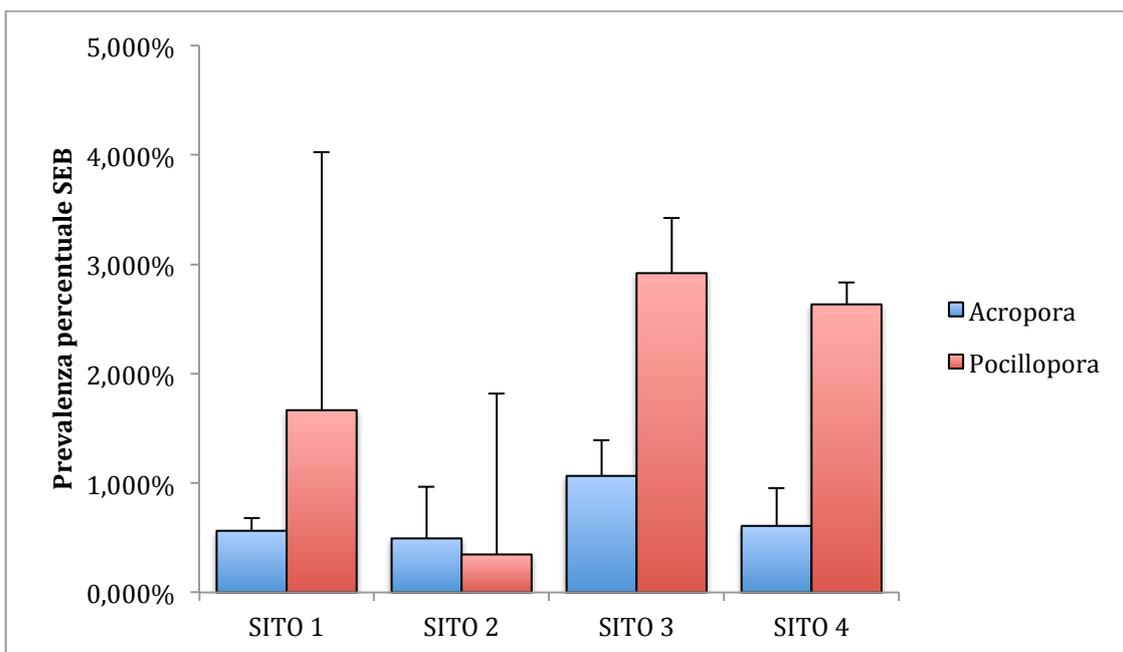
**Tabella 17**– Valori percentuali delle prevalenze per genere della *Skeleton Eroding Band*, isola di Adangau

PREVALENZE PER SITO E PROFONDITA'	SHALLOW				DEEP			
	SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4	SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4
<i>Acropora</i>	0,85% $\pm 1,10$	0,33% $\pm 0,56$	0,84% $\pm 0,63$	0,36% $\pm 0,32$	0,28% $\pm 0,48$	0,66% $\pm 0,77$	1,30% $\pm 0,39$	0,86% $\pm 1,48$
<i>Pocillopora</i>	0,00% $\pm 0,00$	0,69% $\pm 1,20$	3,28% $\pm 3,08$	2,49% $\pm 2,24$	3,33% $\pm 5,77$	0,00% $\pm 0,00$	2,56% $\pm 4,44$	2,78% $\pm 4,81$
<i>Isopora</i>	0,81% $\pm 1,41$	0,00% $\pm 0,00$						
PREVALENZE PER SITO	SITO 1	SITO 2	SITO 3	SITO 4				
<i>Acropora</i>	0,56% $\pm 0,41$	0,49% $\pm 0,24$	1,07% $\pm 0,32$	0,61% $\pm 0,35$				
<i>Pocillopora</i>	1,67% $\pm 2,36$	0,35% $\pm 0,49$	2,92% $\pm 0,50$	2,63% $\pm 0,20$				
<i>Isopora</i>	0,41% $\pm 0,58$	0,00% $\pm 0,00$	0,00% $\pm 0,00$	0,00% $\pm 0,00$				
PREVALENZE PER PROFONDITA'	SHALLOW	DEEP						
<i>Acropora</i>	0,59% $\pm 0,29$	0,77% $\pm 0,42$						
<i>Pocillopora</i>	1,62% $\pm 1,53$	2,17% $\pm 1,48$						
<i>Isopora</i>	0,20% $\pm 0,41$	0,00% $\pm 0,00$						
PREVALENZA TOTALE ADANGAU	ADANGAU							
<i>Acropora</i>	0,68% $\pm 0,35$							
<i>Pocillopora</i>	1,89% $\pm 1,42$							
<i>Isopora</i>	0,10% $\pm 0,29$							



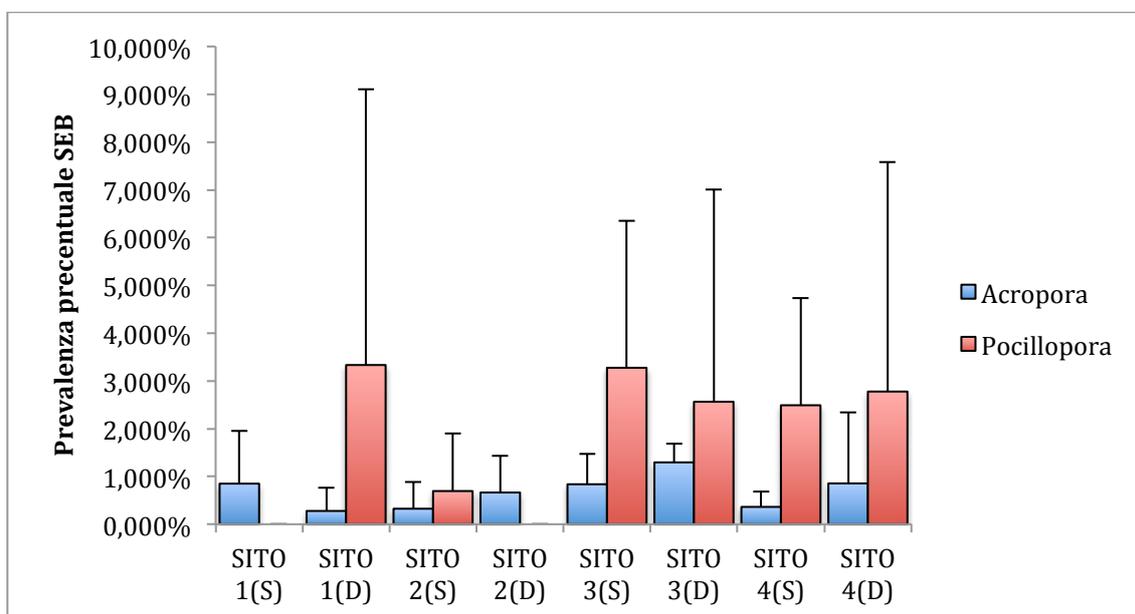
**Grafico 16**- Prevalenze SEB per profondità isola di Adangau

Nel grafico 16 vengono visualizzati i valori di prevalenza percentuale media della *Skeleton Eroding Band* in base alla profondità. Si nota che per il genere *Acropora* il valore massimo si ha alla profondità Deep (0,77%  $\pm 0,42$ ), così come per il genere *Pocillopora* (2,17%  $\pm 1,48$ ).



**Grafico 17** - Prevalenze SEB per sito isola di Adangau

Dal grafico 17 si nota che sia per il genere *Acropora* che per il genere *Pocillopora* la presenza SEB è stata riscontrata maggiormente nel Sito 3 con una prevalenza rispettivamente di 1,07% ( $\pm 0,32$ ) e di 2,92% ( $\pm 0,50$ ). I valori minimi di prevalenza per entrambi i generi si sono ottenuti all'interno del Sito 2.



**Grafico 18** – Prevalenze SEB per sito e profondità isola di Adangau

Nel grafico 18 sono rappresentate le prevalenze percentuali della SEB nei generi *Acropora* e *Pocillopora*. Si nota come il valore massimo si riscontri per il genere *Acropora* nella stazione “Sito

3 Deep” con una prevalenza di 1,30% ( $\pm 0,39$ ), mentre per il genere *Pocillopora* nella stazione “Sito 1 Deep” con prevalenza di 3,33% ( $\pm 5,77$ ). Inoltre per *Acropora* la SEB è stata rilevata in tutte le stazioni analizzate mentre per *Pocillopora* ciò non è avvenuto in 2 stazioni.

Infine la *Skeleton Eroding Band* nei *reefs* di Adangau è stata riscontrata anche nel genere *Isopora* con una prevalenza totale di (0,10%  $\pm 0,29$ ). Essa è stata rinvenuta solamente nella stazione “Sito 1 Shallow” in cui il valore di prevalenza della SEB è risultato dello 0,81% ( $\pm 1,41$ ) (tabella 17).

#### **4.3.3 ANALISI CHIMICA DELLE ACQUE**

L’analisi chimica delle acque nei *reef* di Adangau ha evidenziato che solamente i nitriti delle stazioni “Sito 1 Shallow” e “Sito 3 Shallow” sono presenti in concentrazione rilevabile dai test utilizzati (0,1 ppm). Fosfati, nitrati, ammoniaca e carico organico, al contrario, in nessuna delle stazioni analizzate in questa isola hanno raggiunto livelli tali da essere rilevati dai test (vedi Tabella18).

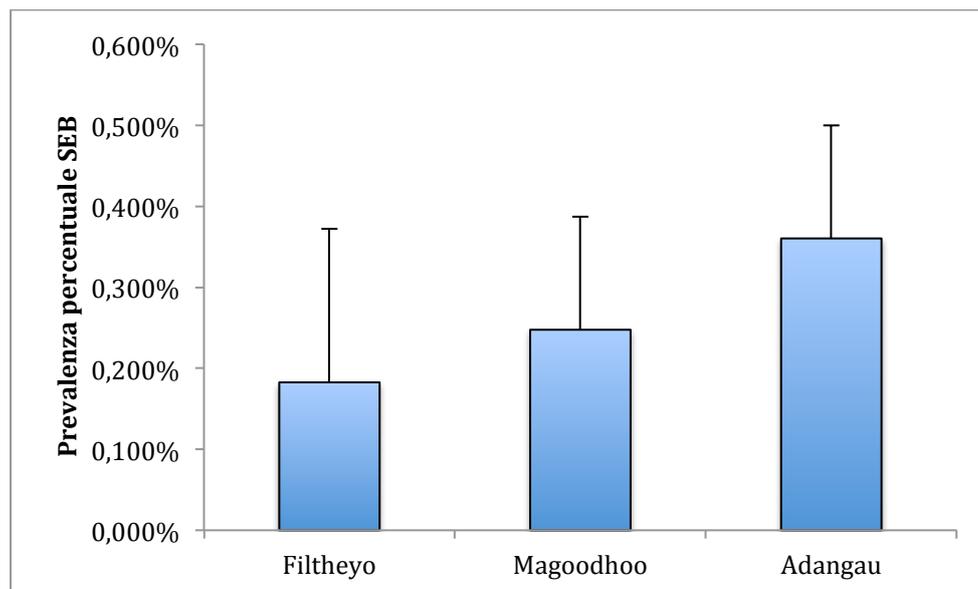
**Tabella 18**– Risultati analisi chimica acque isola Adangau

	<u>SITO 1 S</u>	<u>SITO 1D</u>	<u>SITO 2S</u>	<u>SITO 2D</u>	<u>SITO 3S</u>	<u>SITO 3D</u>	<u>SITO 4S</u>	<u>SITO 4D</u>
<b><u>PO4</u></b>	0,00mg/l							
<b><u>NO3</u></b>	0,00mg/l							
<b><u>NO2</u></b>	0,1 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0,1 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm
<b><u>AMMONIA</u></b>	< 0,25 mg/l							
<b><u>ORGANICS</u></b>	very low pollution							

#### 4.4 CONFRONTO TRA ISOLE

Dall'analisi della componente bentonica dei *reefs* delle 3 isole è emerso che il ricoprimento percentuale di corallo duro risulta simile: Adangau con un valore di 58,58% ( $\pm 15,37$ ), seguita da Magoodhoo (58,42%  $\pm 10,26$ ) e infine da Filitheyo (54,58%  $\pm 7,51$ ). Valutando le differenze di tale macrocategoria in base alla profondità si è potuto constatare che Adangau presenta il maggiore ricoprimento di sclerattinie tra i 0 e i 5 metri con valore di 68,67% ( $\pm 9,90$ ), mentre il minore si ha a Filitheyo (52,50%  $\pm 10,43$ ). Per quanto riguarda la profondità tra i 5 e i 15 metri il valore massimo di copertura percentuale è stato ottenuto nell'isola di Magoodhoo (62,33%  $\pm 12,32$ ) e il minore nei *reef* di Adangau (48%,50  $\pm 4,76$ ). Il genere *Acropora* è risultato il più abbondante in tutte 3 le isole censite con valori di abbondanza relativa di 38,72% per Adangau, 37,13% per Magoodhoo e 29,43% per Filitheyo.

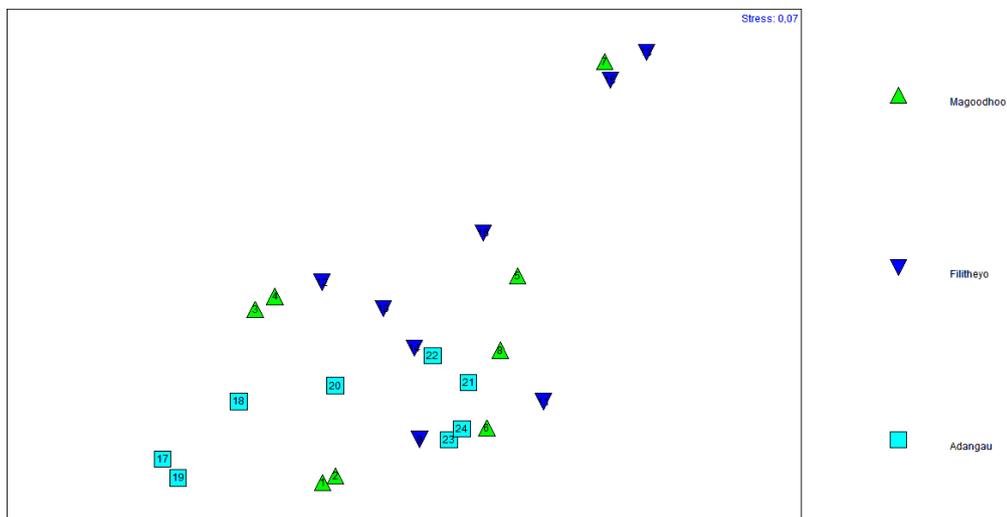
Per quanto riguarda lo studio della prevalenza della *Skeleton Eroding Band* di seguito sono rappresentati i grafici che illustrano i confronti fra le 3 isole indagate.



**Grafico 19** – Valori di prevalenza totale SEB nelle 3 isole indagate

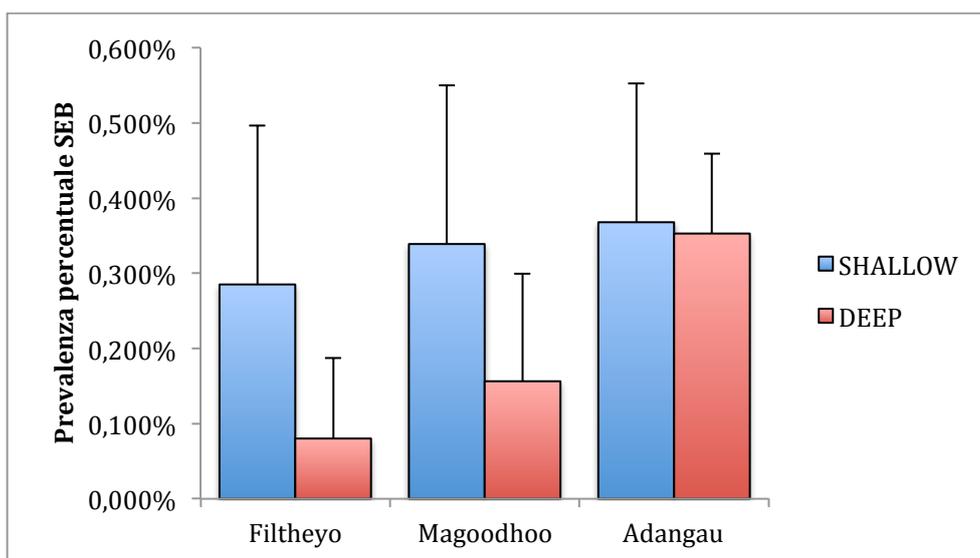
Nel grafico 19 viene mostrato come l'isola maggiormente colpita dalla patologia risulta Adangau con un valore di prevalenza di 0,36%  $\pm 0,14$ , seguita da Magoodhoo con prevalenza di 0,25%  $\pm 0,14$  e infine Filitheyo (0,18%  $\pm 0,19$ ). L'analisi statistica però non ha dato risultati significativi nell'analisi delle differenze fra le 3 isole censite (Kruskal-Wallis Test,  $p > 0,05$ ).

E' stata inoltre eseguita un'analisi multivariata mediante nMDS per ricercare dissimilarità tra le prevalenze della SEB nelle 3 le isole campionate.



**nMDS 1-** nMDS illustrante la similarità tra le stazioni censite sulle 3 isole

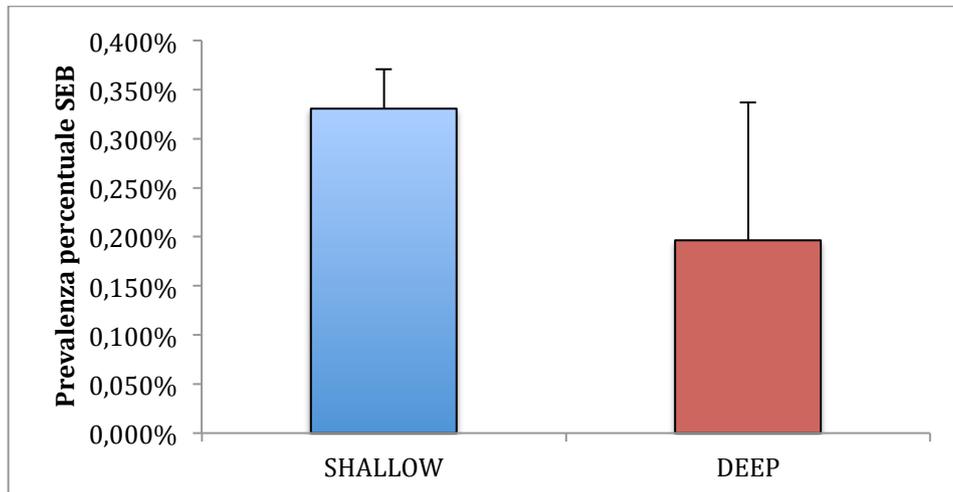
Così come l'analisi univariata, anche l'analisi multivariata (vedi nMDS 1) conferma non vi sia una dissimilarità tra le prevalenze della SEB all'interno delle stazioni censite nelle 3 isole. Si osserva, infatti, una similarità tra le stazioni campionate senza però alcun evidente raggruppamento delle stesse per ciascuna isola.



**Grafico 20** – Valori di prevalenza per profondità della SEB nelle 3 isole indagate

La stessa situazione è rappresentata nel grafico 20 dove si va ad analizzare la prevalenza della SEB alle 2 profondità selezionate: tra 0 e 5 metri (Shallow) Filtheyo presenta livelli di 0,29%  $\pm$ 0,21;

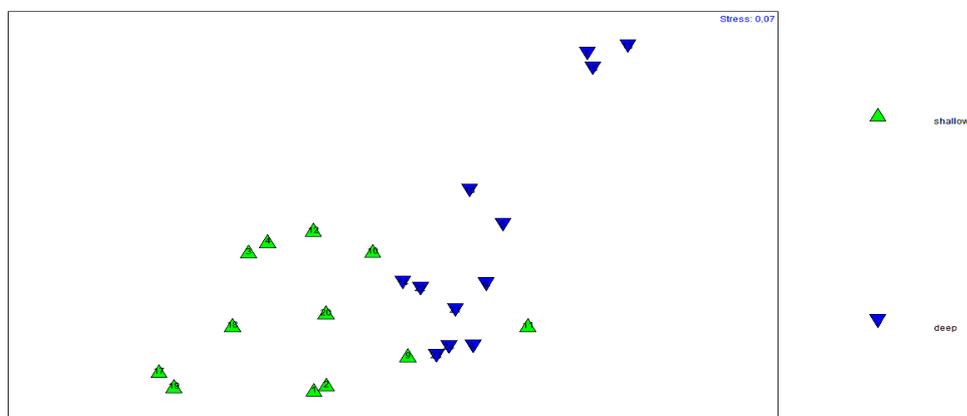
Magoodhoo 0,34%  $\pm$ 0,21 e Adangau 0,37%  $\pm$ 0,14. Tra i 5 e i 15 metri (Deep) la malattia mantiene lo stesso andamento fra le isole osservato alla profondità inferiore con i valori più bassi per Filitheyo (0,08%  $\pm$ 0,11), seguita da Magoodhoo (0,16%  $\pm$ 0,14) e infine Adanagau ( 0,35%  $\pm$ 0,11). Dai risultati dell'analisi statistica non sono, però, state riscontrate differenze significative nel confronto tra Shallow e Deep per ciascuna isola (Mann-Whitney Test  $p > 0,05$ ).



**Grafico 21** – Valori di prevalenza totali SEB per profondità

Calcolando la media tra le prevalenze della SEB di ogni isola per profondità si ottiene il grafico21 in cui si nota che la patologia è presente in media con livelli maggiori (0,33%  $\pm$ 0,20) alla profondità Shallow. Le prevalenze medie della patologia tra le due diverse profondità non mostrano differenze significative (Mann-Whitney Test  $p > 0,05$ ).

E' stata inoltre eseguita un'analisi multivariata mediante nMDS per ricercare similarità tra le prevalenze della SEB nelle 2 profondità censite.



**nMDS 2**- nMDS illustrante la similarità tra le profondità censite sulle 3 isole

Nonostante l'analisi univariata non abbia mostrato come non vi siano differenze significative, in questo caso l'analisi multivariata (vedi nMDS 2) mostra l'esistenza di una leggera dissimilarità tra le prevalenze della SEB ritrovate nelle stazioni Shallow e quelle ritrovate nelle stazioni Deep.

Sono state inoltre confrontate le prevalenze della Skeleton Eroding Band tra le 3 isole rapportate ai generi colpiti.

**Tabella 19-** Valori prevalenza totali SEB per genere nelle 3 isole indagate

	<b>Magoodhoo</b>	<b>Filitheyo</b>	<b>Adangau</b>
<b><u>Acropora</u></b>	<b>0,47% ±0,47</b>	<b>0,15% ±0,20</b>	<b>0,68% ±0,35</b>
<b><u>Pocillopora</u></b>	<b>1,40% ±2,39</b>	<b>0,69% ±0,90</b>	<b>1,89% ±1,42</b>
<b><u>Isopora</u></b>	<b>0,00% ±0,00</b>	<b>0,00% ±0,00</b>	<b>0,10% ±0,29</b>
<b><u>Galaxea</u></b>	<b>0,00% ±0,00</b>	<b>1,04% ±2,90</b>	<b>0,00% ±0,00</b>

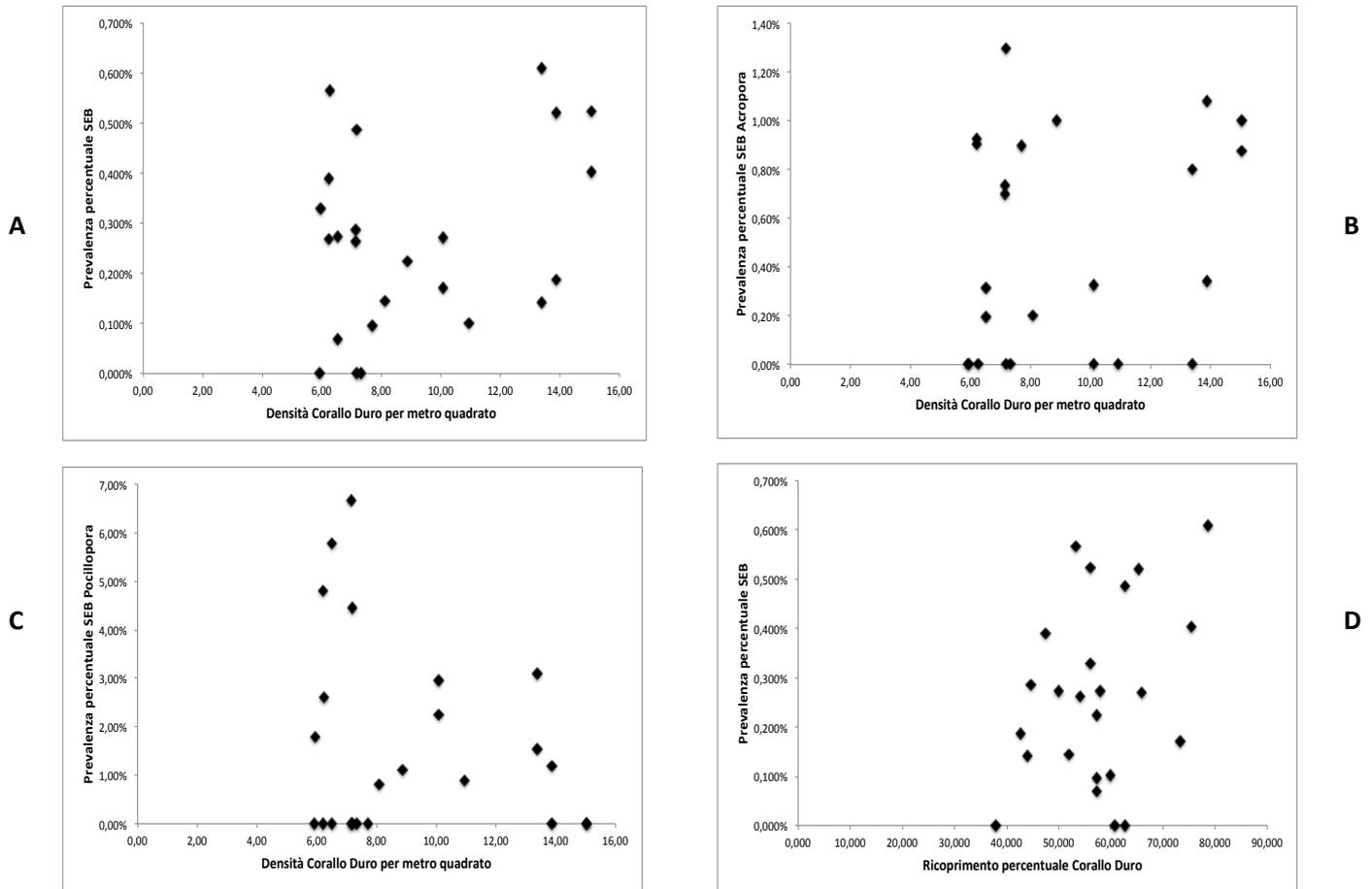
Nella tabella 19 si possono visualizzare le differenze con cui la SEB colpisce i diversi generi ritrovati infestati dal ciliato patogeno. Per il genere *Acropora* il più alto livello di prevalenza si riscontra ad Adangau (0,68% ±0,35) mentre il più basso nelle acque di Filitheyo (0,15% ±0,20). La stessa situazione si verifica per il genere *Pocillopora* con valori massimi sempre in Adangau (1,89% ±1,42) e minimi in Filitheyo (0,69% ±0,90). La patologia inoltre è stata riscontrata sui generi *Isopora* (0,10% ±0,29), nelle scogliere coralline di Adangau, e *Galaxea* (1,04% ±2,90) in quelle di Filitheyo.

**Tabella 20 -** Valori prevalenza SEB per profondità per genere nelle 3 isole indagate

	<b>Mag S</b>	<b>Mag D</b>	<b>Fil S</b>	<b>Fil D</b>	<b>Ad S</b>	<b>Ad D</b>
<b><u>Acropora</u></b>	<b>0,49% ±0,57</b>	<b>0,46% ±0,43</b>	<b>0,04% ±0,10</b>	<b>0,27% ±0,30</b>	<b>0,59% ±0,29</b>	<b>0,77% ±0,42</b>
<b><u>Pocillopora</u></b>	<b>1,12% ±1,42</b>	<b>1,67% ±3,33</b>	<b>1,21% ±1,10</b>	<b>0,16% ±0,30</b>	<b>1,62% ±1,53</b>	<b>2,17% ±1,48</b>
<b><u>Isopora</u></b>	<b>0,00% ±0,00</b>	<b>0,00% ±0,00</b>	<b>0,00% ±0,00</b>	<b>0,00% ±0,00</b>	<b>0,20% ±0,41</b>	<b>0,00% ±0,00</b>
<b><u>Galaxea</u></b>	<b>0,00% ±0,00</b>	<b>0,00% ±0,00</b>	<b>2,08% ±4,20</b>	<b>0,00% ±0,00</b>	<b>0,00% ±0,00</b>	<b>0,00% ±0,00</b>

Anche dalla Tabella 20 si evince come le pocillopore e le acropore siano colpite dalla SEB in tutte le isole e profondità indagate, con valori massimi che si riscontrano, sia per la profondità Shallow che per la Deep, nelle acque di Adangau. La patologia inoltre mantiene i livelli di prevalenza più bassi nell'isola di Filitheyo sia per il genere *Acropora* che per *Pocillopora*.

Sono state inoltre cercate possibili correlazioni tra la prevalenza della malattia e densità e/o ricoprimento percentuale di corallo duro tramite l'utilizzo del coefficiente di correlazione di Spearman-Rho.

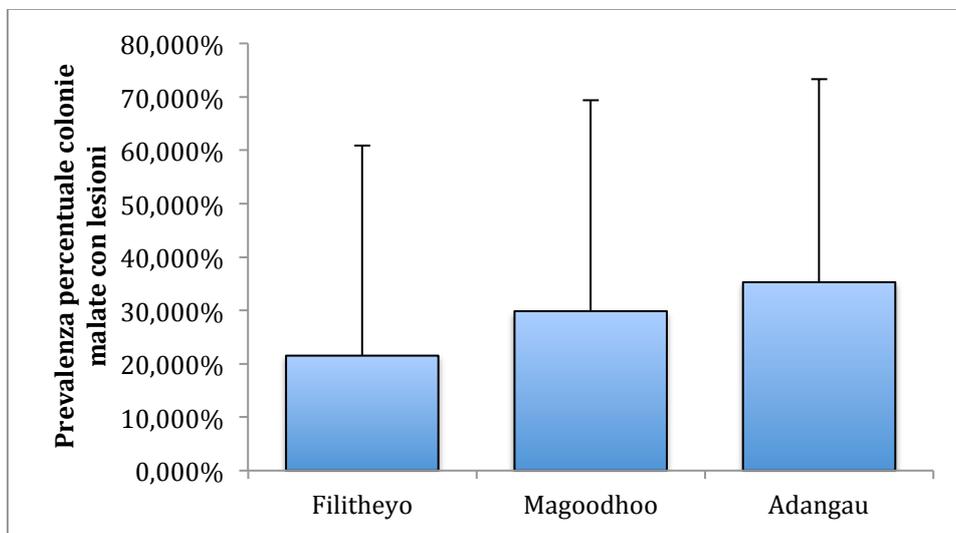


**Figura 4.4.1** – Scatterplot rappresentati: A) Correlazione prevalenza % SEB con densità Corallo Duro per m<sup>2</sup>; B) Correlazione prevalenza % SEB (*Acropora*) con densità Corallo Duro per m<sup>2</sup>; C) Correlazione prevalenza % SEB (*Pocillopora*) con densità Corallo Duro per m<sup>2</sup>; D) Correlazione prevalenza percentuale SEB con ricoprimento % Corallo Duro.

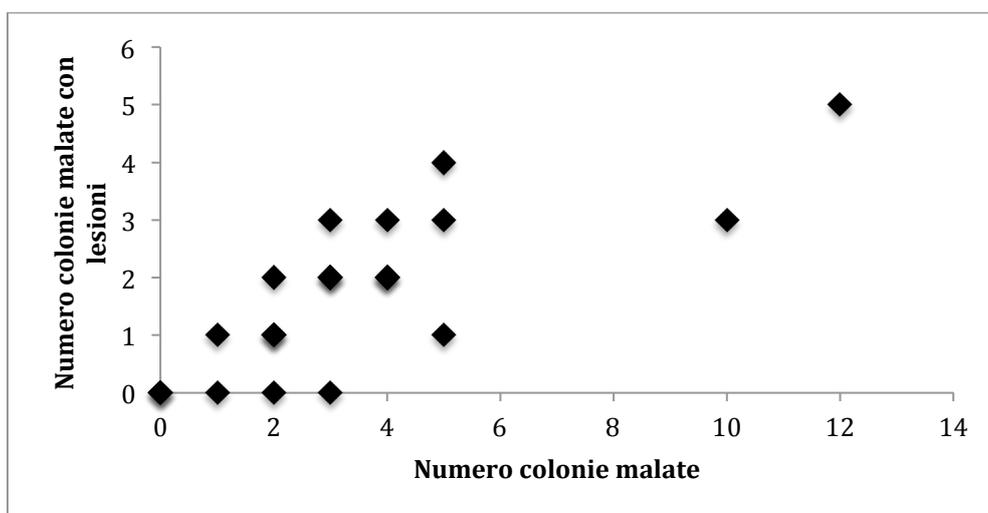
Dagli scatterplot in figura 4.4.1 si nota come non siano state rilevate correlazioni significative tra la densità totale di Corallo Duro e la prevalenza della *Skeleton Eroding Band* (Spearman's Rho  $\rho=0,17$ ;  $p>0,05$ ) (fig 4.4.1A). Questo è riscontrabile anche nelle correlazioni tra la densità di corallo duro e la prevalenza della SEB nei generi *Acropora* (Spearman's Rho  $\rho=0,38$ ;  $p>0,05$ ) (fig. 4.4.1B) e *Pocillopora* (Spearman's Rho  $\rho= -0,14$ ;  $p>0,05$ ) (fig.4.4.1C). Infine è da notare che tra la prevalenza percentuale della malattia e il ricoprimento percentuale di Corallo Duro non si osserva alcuna correlazione (Spearman's Rho  $\rho= -0,13$ ;  $p>0,05$ ) (fig.4.4.1D).

#### 4.5 DANNI MECCANICI E SKELETON ERODING BAND

Analizzando la presenza di lesioni, derivate da danni meccanici o predazione, riscontrate sulle madrepore colpite dalla *Skeleton Eroding Band* nel complesso di tutte 3 le isole sono state contate 40 colonie infestate e allo stesso tempo che recano danni meccanici. In particolare a Magoodhoo circa il 50% dei transetti e l'87,50% delle stazioni, a Filitheyo il 25% dei transetti e il 50% delle stazioni, infine ad Adangau il 54,17% dei transetti e il 100% delle stazioni presenta almeno una colonia con questa situazione. Andando a calcolare la prevalenza media della presenza delle lesioni sul totale delle colonie riscontrate malate si sono ottenuti i valori di: 29,86%  $\pm$ 39,31 per Magoodhoo, 21,53%  $\pm$ 39,47 per Filitheyo e 35,29%  $\pm$ 38,08 per Adangau (grafico 22).



**Grafico 22** – Prevalenza colonie malate che presentano lesioni nelle 3 isole



**Scatterplot 4.5.1** – Correlazione tra numero di colonie malate e numero di colonie malate in cui sono state rilevate lesioni di natura meccanica o predatoria

Dallo scatterplot 4.5.1 si nota una correlazione positiva tra il numero di colonie di madrepora affette da SEB e il numero di colonie in cui la malattia è associata alla presenza di lesioni provocate da danni meccanici o dall'attività predatoria di pesci corallivori o echinodermi carnivori come *Achantaster plancii* (Spearman's Rho  $\rho= 0,801$ ;  $p<0,001$ ).

## **5. DISCUSSIONE**

Il lavoro svolto nel periodo compreso tra il novembre 2013 e il dicembre 2014 ha permesso di ottenere ulteriori informazioni riguardanti la presenza delle malattie dei coralli nei *reefs* dell'atollo di Faafu, Repubblica delle Maldive. In particolare ha permesso di ottenere nuove indicazioni riguardanti una delle malattie più diffuse nell'area dell'Indo-Pacifico: la *Skeleton Eroding Band*. Come noto da letteratura il fenomeno delle patologie che affliggono le madreopore ha subito un aumento esponenziale nel corso degli ultimi 20 anni (Raymundo *et al.*, 2005; Sokolow, 2009), tuttavia lo studio di tali sindromi rappresenta un campo di ricerca relativamente nuovo (Squires, 1965). Le informazioni contenute in questo lavoro vanno ad ampliare la conoscenza riguardo distribuzione, prevalenza e *host range* della SEB in una zona dell'Indo-Pacifico ancora poco studiata, dove la prima ricerca su questa tematica è stata svolta solo nel corso del 2010 (Montano *et al.*, 2012).

### **5.1 CARATTERIZZAZIONE DEI REEFS OGGETTO DI STUDIO**

I dati riguardanti le isole di Magoodhoo, Filitheyo e Adangau mostrano la presenza di un'elevata copertura di corallo duro, indicando come gli effetti dei cambiamenti climatici, che hanno dato vita a fenomeni come il *coral bleaching*, potrebbero non aver danneggiato in maniera irreparabile le formazioni madreporiche indagate. Studi effettuati su un'altra isola maldiviana, Komandoo (atollo di Lhaviyani), mostrano un notevole aumento del numero di colonie di corallo duro nel periodo tra il 2000 e il 2004 (Schuhmacher *et al.*, 2005), permettendo il recupero delle scogliere coralline compromesse dall'evento di El Niño del 1998. Tale fenomeno estremo aveva, infatti, portato alla morte di circa il 95% delle madreopore maldiviane (Bianchi *et al.*, 2003; McClanahan, 2000). Non avendo dati storici che testimoniano che Magoodhoo, Filitheyo ed Adangau siano state colpite a loro volta da questo evento, i risultati ottenuti nel presente lavoro possono essere spiegati in due modi differenti: la prima interpretazione potrebbe indicare che le formazioni madreporiche soggette ad indagine, colpite in passato da fenomeni di sbiancamento, presentino una ripresa rapida simile a quella riscontrata a Komandoo. Un'ulteriore interpretazione starebbe ad indicare che nelle scogliere coralline delle 3 isole campionate non si sia mai verificato un vero evento di *coral bleaching*. I valori di ricoprimento percentuale medi dei coralli sono risultati simili tra Magoodhoo, Filitheyo ed Adangau con valori che oscillano tra il 54 e il 58%. Si possono però riscontrare differenze in base alla profondità in quanto Adangau, tra le 3 isole è quella che presenta un maggior ricoprimento percentuale di corallo duro da 0 a 5 metri. Questo può essere indicativo del fatto che le formazioni coralline più superficiali di Magoodhoo e Filitheyo potrebbero essere soggette a qualche disturbo derivabile dall'attività umana. In particolare i *reefs* di Magoodhoo, essendo un'isola abitata

esclusivamente da locali, potrebbero risentire di danni meccanici provocati dal transito di imbarcazioni e dall'attività di pesca praticata per il sostentamento della popolazione. In maniera simile le formazioni coralline superficiali di Filitheyo, su cui sorge l'omonimo resort ([www.themaldives.com](http://www.themaldives.com)), potrebbero essere soggette a disturbo da parte di attività turistiche ecologicamente irresponsabili come il calpestamento accidentale delle madrepori. Adangau, essendo un'isola attualmente priva di alcuna attività umana, non subirebbe l'azione distruttiva di questi fattori. Di conseguenza tale caratteristica potrebbe spiegare perché i *reefs* superficiali che la circondano mostrano un ricoprimento percentuale di corallo duro che si assesta a circa il 68,67%. Questo fatto è confermato dagli alti livelli di Rubble ritrovati a Magoodhoo (14,50%) e Filitheyo (23,00%). Questo studio ha messo in luce, inoltre, come il genere dominante nelle scogliere madreporiche dell'area analizzata sia il genere *Acropora*. Questo genere si presenta con diverse morfologie di crescita, tra cui le più diffuse sono la crescita ramificata, quella tabulare o quella digitata. Tale situazione di dominanza di questo genere di sclerattinia è tipica di ambienti lagunari, in cui tali madrepori riescono ad adattarsi al meglio alle condizioni di elevata intensità luminosa, idrodinamismo e sedimentazione rispetto ad altri coralli (Introduzione alla paleontologia). Essendo *Acropora* il genere predominante di molti *reefs* delle Maldive, un eventuale aumento di stress abiotici o di patologie, come la *Skeleton Eroding Band*, che colpiscono tale madrepora, potrebbe causare un calo nella sua abbondanza, portando nei casi più gravi a un cambiamento di dominanza e gravi conseguenze anche alle comunità biologiche ad esso associate nelle formazioni madreporiche maldiviane. Questo sottolinea l'esigenza di un monitoraggio costante dello stato di salute di tale genere al fine di evitare situazioni deleterie come lo *shift* di comunità come avvenuto in Belize, in cui si è passati da un ambiente dominato da Acroporidi ad un ecosistema nuovo e dominato da Agaricidi e macroalghe (Aronson *et al.*, 2002).

## **5.2 SKELETON ERODING BAND**

I modelli qualitativi e quantitativi della diffusione, prevalenza e *host range* delle malattie che affliggono i coralli sono in gran parte sconosciuti nell'Oceano Indiano (Weil *et al.*, 2012). Nel presente lavoro la *Skeleton Eroding Band* ha mostrato una distribuzione diffusa nell'area di studio, essendo riscontrata in tutte le 3 isole campionate nell'atollo di Faafu. Considerando che questo studio rappresenta una delle prime valutazioni della prevalenza di tale malattia in questa zona e che i siti di campionamento sono stati scelti in modo casuale rispetto alle caratteristiche ambientali ed ecologiche, i nostri risultati sembrano indicare che la SEB possa essere ampiamente distribuita in tutto l'atollo di Faafu. La *Skeleton Eroding Band* è una delle malattie più diffuse nell'Oceano Indo-Pacifico (Sutherland *et al.*, 2004), e recenti infestazioni simili alla SEB da parte di ciliati sono state

osservate anche nel Mar dei Caraibi (Croquer *et al.*, 2006a), anche se probabilmente causate da specie diverse di *Hallofolliculina* (Croquer *et al.*, 2006b). Questa ampia distribuzione della patologia nell'Indo-Pacifico (Antonious, 1999; Antonious & Lipscomb, 2001; Willis *et al.*, 2004), in combinazione con la recente scoperta di una malattia analoga nei Caraibi suggerisce quindi che le infestazioni causate da ciliati hallofolliculinidi possano essere endemiche delle popolazioni di coralli in tutto il mondo (Page & Willis, 2008). In questo studio condotto nell'Atollo di Faafu la patologia è stata rilevata con un livello di prevalenza molto basso (circa 0,27%) che si discosta leggermente dai valori ritrovati da Montano e coautori nel 2010 (circa 0,50%) (Montano, 2012). I valori ritrovati in entrambe le ricerche sono simili a quelli ricavati in studi condotti in diversi sistemi corallini indo-pacifici, come nel caso della *Great Barrier Reef*, in cui i livelli di prevalenza oscillano tra lo 0,38% e lo 0,82% (Haapkyla *et al.*, 2010). In alcune zone dell'Indo-Pacifico però, come nelle acque di *Lizard Island*, la SEB è stata riscontrata con picchi di prevalenza del 6% (Willis *et al.*, 2004). Nella presente ricerca la SEB è stata riscontrata solo in 4 generi di madrepora. Tra questi i generi *Acropora* e *Pocillopora* sono risultate le sclerattinie maggiormente colpite dalla patologia con valori di prevalenza totale rispettivamente di 0,43% e 1,33%. Questi livelli si sono rivelati coerenti con le informazioni preliminari già possedute dallo studio antecedente solo per il genere *Acropora* mantenendo valori attorno allo 0,40%. Per il genere *Pocillopora* la prevalenza media della SEB sembra invece essere diminuita, passando da un 3,23% a 1,33%. Questa situazione potrebbe essere rappresentativa di oscillazioni casuali di carattere naturale nei livelli di abbondanza della patologia o di caratteristiche ancora non conosciute di tale malattia. Le prevalenze osservate sui generi *Acropora* e *Pocillopora* potrebbero essere dovute alla loro elevata sensibilità a stress biotici e abiotici (Marshall & Baird, 2000). Questi due generi sono ritenuti, infatti, essere tra i più propensi all'infestazione di *Hallofolliculina corallasia*, un patogeno che colpisce preferenzialmente colonie in cui la resistenza dell'ospite è già compromessa da stress avvenuti in precedenza (Antonious & Lipscomb, 2001). Page e Willis, nel 2008, hanno dimostrato che proporzioni elevate (fino al 100%) di lesioni, create artificialmente su *Acropora* e *Pocillopora*, possono essere colonizzate entro 10 giorni dal ciliato patogeno. Questo mette in luce come questi organismi infestanti possano essere attratti dal rilascio delle zooxantelle dal tessuto danneggiato delle sclerattinie (Page & Willis, 2008). A supporto di questa osservazione sono i risultati ottenuti nel presente studio che mostrano una correlazione positiva tra il numero di colonie di madrepora affette da SEB e il numero di colonie in cui la malattia è associata alla presenza di lesioni provocate da danni meccanici o dall'attività predatoria di pesci corallivori o echinodermi carnivori come *Achantaster plancii*. La patologia è stata rinvenuta inoltre in una sola colonia del genere *Galaxea* e in una sola del genere *Isopora*, andando così a confermare la più elevata resistenza agli stress e alle

infestazioni da parte di organismi patogeni dei generi a crescita massiva o incrostante (Willis *et al.*, 2004; Mydlarz *et al.*, 2010). Queste differenze nella sensibilità dei coralli agli stress e alle patologie possono essere spiegate tramite l'analisi delle strutture morfologiche dello scheletro o dei tessuti delle colonie ramificate e massive. Le madrepore a crescita ramificata possiedono tessuti molto sottili (Loya *et al.*, 2001) che fornirebbero meno energia alle colonie e sarebbero più facilmente intaccabili dagli organismi patogeni rispetto a quelli delle sclerattinie a crescita massiva. Infatti coralli a crescita ramificata, già colpiti da fenomeni di stress e caratterizzati da danni meccanici, presentano risorse energetiche ridotte che limitano le capacità di riparazione delle ferite (Meesters & Back, 1993; Fine *et al.*, 2002), aumentando così la suscettibilità degli ospiti alle infestazioni di ciliati.

### **5.2.1 CONSIDERAZIONI A LIVELLO DI ISOLE**

La *Skeleton Eroding Band* è stata ritrovata nelle formazioni madreporiche sia di Magoodhoo che di Filitheyo e Adangau. Uno degli obiettivi della presente ricerca è stato quello di valutare i livelli di prevalenza della patologia in relazione ai diversi gradi di utilizzo da parte dell'uomo delle 3 isole. Disturbi come la pesca eccessiva e distruttiva, i rifiuti, l'aumento degli eventi di sedimentazione a causa di uno sconsiderato sfruttamento dell'ecosistema terrestre, l'eccessivo sviluppo della zona costiera, la presenza di specie invasive e lo sviluppo di turismo non sostenibile possono minare lo stato di salute dei coralli portando a una diminuzione della loro resistenza ai patogeni (Grimsditch & Salm, 2006). Nel caso corrente tale scenario sembra non aver trovato conferma, in quanto l'isola deserta (Adangau) ha mostrato il maggiore livello di prevalenza media della malattia ( $0,36\% \pm 0,14$ ), seguita dalle due isole impattate dall'uomo a livello locale (Magoodhoo  $0,25\% \pm 0,14$ ) e a livello turistico (Filitheyo  $0,18\% \pm 0,19$ ). Andando a confrontare i dati ottenuti in questo studio con quelli ottenuti da Montano e coautori nel 2010, Magoodhoo mostra livelli di prevalenza della SEB più bassi passando dallo 0,7% del 2010 allo 0,25% rilevato in questo studio. Al contrario Adangau mostra una situazione opposta, in cui la patologia sembra essersi diffusa, con valori di prevalenza incrementati da circa 0,15% a 0,36%. Per Filitheyo non sono possibili confronti con dati storici in quanto questa isola è stata campionata per la prima volta durante l'attività in campo di questa ricerca. Dai risultati dell'analisi statistica le differenze fra le isole non sono però apparse significative, quindi è possibile ipotizzare che, in questo caso, i livelli di prevalenza della SEB differiscano a causa di leggere oscillazioni casuali di carattere naturale e non siano dovute a dinamiche legate al diverso sfruttamento delle isole da parte dell'uomo. Questa tesi è supportata anche dai risultati dell'analisi chimica dei campioni di acqua raccolti durante l'attività nelle 3 isole, infatti i valori del contenuto di fosfati, nitrati, nitriti, ammoniaca e carico organico sono risultati in

media non rilevabili dai test utilizzati. La più bassa prevalenza della SEB, rinvenuta nelle acque di Filitheyo, potrebbe inoltre essere indicativa di una situazione in cui la salvaguardia delle scogliere coralline è di primaria importanza, a causa della presenza di un gran numero di turisti che scelgono quest'isola proprio per motivi legati alla bellezza dei suoi *reefs*. A tal fine è stata istituita un'area marina protetta nella zona attorno all'isola con divieto assoluto di pesca e di altre attività che potrebbero minare la salute delle formazioni coralline. Inoltre la presenza di depuratori e le restrizioni riguardo lo scarico di rifiuti in mare potrebbero rappresentare importanti fattori che concorrerebbero a una scarsa prevalenza della malattia. Infine non sono state trovate correlazioni tra la prevalenza media della SEB e la densità totale di corallo duro in nessuna delle isole campionate. Questo fatto potrebbe essere dovuto a particolari caratteristiche sconosciute della malattia, dal momento che la sua presenza potrebbe essere correlata con diversi fattori non ecologici ancora non investigati.

### **5.2.2 CONSIDERAZIONI A LIVELLO DI PROFONDITA' E SITI**

Da un punto di vista ecologico, è stato riscontrato che le colonie di madrepora, di tutte le 3 isole censite, sono più suscettibili alla *Skeleton Eroding Band* alla profondità che va da 0 a 5 metri. In particolare la prevalenza media della SEB nelle stazioni Shallow di Magoodhoo è risultata dello 0,34%  $\pm 0,21$  e per quanto riguarda Filitheyo è risultata dello 0,29%  $\pm 0,21$ . Solo nei *reefs* di Adanagu i valori di prevalenza sono risultati molto simili tra le stazioni Shallow (0,37%  $\pm 0,18$ ) e quelle Deep (0,35%  $\pm 0,11$ ). Nonostante le differenze di prevalenza tra le profondità non siano risultate significative, ciò potrebbe indicare che l'interazione di vari fattori ambientali, quali la temperatura dell'acqua, l'irraggiamento solare e la quantità di nutrienti, possano influenzare l'abbondanza della patologia. Ciò è già stato dimostrato per altre sindromi come la *Black Band Disease* che assieme alla SEB rappresentano le malattie più diffuse nell'intero Indo-Pacifico (Al-Moghrabi 2001, Kuta & Richardson 2002, Kaczmarzsky et al. 2005). Dal confronto fra siti in tutte le isole indagate non si sono riscontrate grosse differenze nell'abbondanza della *Skeleton Eroding Band*, tranne che per alcuni in cui la malattia non è stata rilevata. Ciò è indicativo di una omogeneità nelle condizioni biotiche ed abiotiche riscontrabili nelle scogliere coralline di Magoodhoo, Filitheyo e Adangau. Degno di nota però è la situazione riscontrata nel Sito 2 nell'isola di Magoodhoo, dove sono stati rilevati i valori di prevalenza massimi di SEB sia totale che per i generi *Acropora* e *Pocillopora* per quest'isola. Questo sito si trova in corrispondenza del piccolo porto dell'isola, caratterizzato da valori di fosfati e nitrati superiori rispetto a tutti gli altri siti campionati. Questo fatto può far ipotizzare che la SEB sia favorita dal peggioramento della qualità dell'acqua, in particolare a causa di eutrofizzazione e sedimentazione. Recenti ricerche

hanno suggerito una possibile relazione sinergica tra l'elevata concentrazione di nutrienti nelle acque e la presenza delle malattie dei coralli (Bruno *et al.*, 2003). Alti livelli di nitrati e fosfati sono stati rilevati associati a una più veloce perdita di tessuto nei coralli colpiti da *Yellow Band Disease*, da *Aspergilloso* (Bruno *et al.*, 2003) e da *Black band Disease* (Voss & Richardson, 2006). Ancora non è chiaro però se tale associazione sinergica vada a diminuire la resistenza delle madrepore o abbia un effetto positivo sugli organismi patogeni aumentando i loro tassi di crescita e virulenza (Bruno *et al.*, 2003). Queste evidenze possono essere in ultima analisi assimilate anche per la *Skeleton Eroding Band*, la cui abbondanza nelle acque di Magoodhoo potrebbe essere quindi incrementata da fattori antropogenici. Tuttavia ulteriori studi sono necessari al fine di confermare questa ipotesi.

## 6. CONCLUSIONI

Lo studio sulle malattie dei coralli è ancora nella sua fase embrionale e molte sono le lacune riguardanti tale campo di ricerca. Questa mancanza di informazioni è amplificata nell'Oceano Indiano, dove la maggior parte delle osservazioni sono relative alla costa orientale dell'Africa (McClanahan., 2009; Weil & Jordan-Dahlgren, 2005), Christmas Island e Cocos Islands (Hobbs & Frisch, 2010). Quindi, mentre alcune regioni caraibiche e della Grande Barriera Corallina mostrano un gran numero di studi dettagliati riguardanti le malattie che colpiscono le scogliere coralline (Willis *et al.*, 2004; Weil *et al.*, 2009), l'Oceano Indiano, nonostante la sua enorme diversità di coralli, rimane ancora per gran parte inesplorato riguardo questa tematica. Questo studio rappresenta una delle prime ricerche sulle malattie che colpiscono i coralli nella Repubblica delle Maldive. Focalizzandosi sulla *Skeleton Eroding Band* i dati ricavati potranno essere utilizzati in futuro al fine di monitorare l'andamento dell'abbondanza di tale patologia nei coralli ermatipici maldiviani. Le sindromi che affliggono le sclerattinie e i possibili eventi epizootici sono riconosciuti essere un'importante problematica per le comunità coralline in tutto il mondo (Harvell *et al.*, 2007) e in futuro rappresenteranno un serio rischio anche per i *reefs* maldiviani. I cambiamenti climatici futuri, in particolare il previsto innalzamento delle temperature delle acque (Kleypas *et al.*, 1999), non porteranno solo a nuovi eventi di *bleaching* ma andranno a promuovere la diffusione degli organismi patogeni responsabili delle malattie, incrementando i loro tassi di crescita e virulenza (Ben-Haim *et al.*, 2003b), riducendo inoltre la risposta immunitaria degli ospiti (Alker *et al.* 2001, Mydlarz *et al.* 2006, Palmer *et al.* 2011). Per questo motivo un monitoraggio costante focalizzato sulla salute dei generi dominanti di sclerattinie è indispensabile per comprendere al meglio l'impatto attuale e futuro che le malattie hanno e potrebbero avere sulle dinamiche degli ecosistemi corallini. La comprensione della *Skeleton Eroding Band* e di altre patologie è ancora alle sue prime fasi nell'arcipelago maldiviano e questa ricerca condotta nell'Atollo di Faafu ha messo in luce la sua ampia distribuzione che però non sembra essere collegata, almeno in apparenza, all'impatto umano. Ciò perché le isole campionate non hanno mostrato un livello di sfruttamento tale da deteriorare in maniera significativa la qualità dell'acqua, aumentando così la potenzialità di tale malattia di infestare un maggior numero di ospiti, tranne che nel caso limite di un sito nell'isola di Magoodhoo. Ricerche future avranno il compito di selezionare e campionare isole con caratteristiche simili a quelle indagate e altre con impatti antropici maggiori. L'obiettivo di tali studi sarà di determinare se la prevalenza della SEB sia oggettivamente da correlare al grado di sfruttamento delle isole e le differenze fra queste non siano da imputare, come in questo caso, a variabili intrinseche nella natura delle isole stesse (variabili naturali come correnti e conformazioni dei *reefs*). Non possiamo, infatti, escludere che i risultati

ottenuti siano stati influenzati dalla dimensione dell'area di campionamento, dal numero di repliche limitato, da variazioni di carattere locale, così come da errori dell'operatore tali per cui valori di prevalenza possano essere risultati non rappresentativi di una situazione a più larga scala.

Considerando che l'intera popolazione maldiviana dipende dalle scogliere coralline per quanto riguarda l'approvvigionamento di cibo, risorse naturali e protezione della costa, l'impatto delle malattie che affliggono i coralli avrà un ruolo sempre più importante per la società dell'arcipelago maldiviano. L'intervento di rimozione degli organismi responsabili della SEB, o altre patologie, con mezzi fisici (Hudson, 2000), eseguita tramite aspirazione o ricoprimento della zona del corallo infestata con argilla/stucco (Raymundo, 2010), potrebbe essere una pratica con effetti positivi, limitata però a piccole scale spaziali nell'ordine dei 10 m<sup>2</sup> (Work *et al.*, 2008). Una misura di prevenzione più efficace potrebbe essere rappresentata da un incremento degli sforzi da parte dei governi e della popolazione locale, al fine di ridurre gli effetti negativi dei maggiori agenti stressanti che agiscono sui coralli, con l'obiettivo di limitare il rischio di un aumento dell'abbondanza e diffusione della *Skeleton Eroding Band* e di altre malattie. In conclusione questo studio preliminare rappresenta la punta di un iceberg di ricerche inerenti alle sindromi che colpiscono i coralli nelle formazioni madreporiche delle Maldive. I dati di prevalenza della SEB ottenuti in questo lavoro e le previsioni di cambiamenti climatici in grado di aumentare distribuzione, *host range*, abbondanza e virulenza di tale patologia, pongono l'accento sulla pressante necessità di chiarire il ruolo delle malattie dei coralli nel deterioramento, resilienza e recupero dei *coral reefs* di tutto il mondo, al fine di attuare politiche di gestione adatte alla protezione di questi tanto meravigliosi quanto fragili ecosistemi.

## RINGRAZIAMENTI

Eccomi qui, finalmente giunto ad un traguardo molto importante che non deve rappresentare un arrivo, ma solo un trampolino di lancio da cui buttarsi a capofitto in nuovi percorsi e avventure. Sono arrivato fin qui grazie a molte persone che, chi più chi meno, mi hanno supportato e mi sono state vicine.

Grazie innanzitutto al Professor Marco Abbiati per avermi dato l'opportunità di vivere questo progetto di tesi, la sua passione è il più grande stimolo che uno studente possa avere.

Un grazie particolare va al Professor Paolo Galli: grazie per aver sempre creduto in me da 3 anni a questa parte, spero di continuare la mia carriera sotto la sua guida.

Desidero ringraziare con tutto il cuore il Dottor Simone Montano, oltre che una guida ho trovato in te un amico sincero e disponibile, gran parte di questo lavoro è merito tuo.

Grazie ai ragazzi che hanno condiviso con me l'avventura ravennate, in particolare al mio bomber del cuore Rohab, per avermi fatto passare 2 anni stupendi.

Grazie agli amici lazzatesi per i loro incoraggiamenti.

Grazie Fabio, Maya, Andre e Gianlu per avermi caricato ed essermi stati vicino nel periodo lontano da casa.

Grazie Vale e Bobo...i veri amici si vedono nel momento del bisogno... voi ci siete stati sempre!

Grazie Gabry...dire che sei un amico ormai è riduttivo; non ho parole per ringraziarti per quello che hai fatto per me in questi anni. Ti auguro il meglio dalla vita.

Grazie Ippa e Gius per tutte le risate e il supporto che mi avete dato.

Un grazie speciale va ai miei genitori: ogni mia fatica è ripagata in pieno solo da un vostro sorriso e dalla vostra soddisfazione, grazie per essere persone immense che si credono normali. Spero di avervi reso fieri di me.

Grazie nonna Gianna per tutto l'incoraggiamento che mi hai dato per arrivare dove sono ora.

Il più grande ringraziamento però va a mia nonna Elda: sei la mia guida e il mio braccio destro. Grazie per avermi portato fin qui! Se sono arrivato a questo risultato è tutto merito tuo.

Grazie Cinzia, Ale, Anna e nonno Dante (perché sì, ormai sei anche mio) per avermi aperto le porte della vostra famiglia e per farmi sentire sempre a casa.

Infine devo ringraziare anche te Aury...nessuno avrebbe scommesso un euro su di noi un anno e mezzo fa, ma ora siamo qui assieme! Grazie per avermi fatto crescere e per farmi sentire ogni giorno la persona più fortunata del mondo. Ovunque sarò tu rimarrai il mio centro. Non ce l'avrei fatta senza di te.

## **7. BIBLIOGRAFIA**

- Aeby, G.S., (1998). A digenean metacercaria from the reef coral, *Porites compressa*, experimentally identified as *Podocotyloides stenometra*. *J Parasitol* 84:1259–1261
- Aeby, G.S., (2005). Outbreaks of coral disease in the Northwestern Hawaiian Islands. *Coral Reefs* 24:481
- Aeby, G.S., Santavy D.L. (2006). Factors affecting susceptibility of the coral *Monastrea faveolata* to black-band disease. *Mar Ecol Prog Ser* 318:103–110
- Al-Moghrabi, S. (2001). Unusual black band disease (BBD) outbreak in the northern tip of the Gulf of Aqaba (Jordan). *Coral Reefs* 19:330–331
- Alker, A.P., G.W. Smith, and K. Kim. 2001. Characterization of *Aspergillus sydowii*, a fungal pathogen of Caribbean sea fan corals. *Hydrobiologia* 460:105–111.
- Antonius, A. (1973). New observations on coral destruction in reefs. *Abs Assoc Isl Mar Lab Caribb* 10:3
- Antonius, A., (1999). *Halofolliculina corallasia*, a new coral-killer ciliate on Indo-Pacific Reefs. *Coral Reefs* 18:300
- Antonius, A., Lipscomb, D., (2001). First protozoan coral-killer identified in the Indo-Pacific. *Atoll Res Bull* 481-493: 1-21
- Antonius, A. 1977. Coral mortality in reefs: a problem for science and management. *Proceed Int. Coral Reef Symp., Miami*, 2:6 18-623.
- Aronson, R.B., Macintyre, I.G., Precht, W.F., Murdoch, T.J.T., Wapnick, C.M., (2002). The expanding scale of species turnover events on coral reefs in Belize. *Ecol Monogr* 72: 233-249
- Baird, A. H., and Marshall, P. A. (2002). Mortality, growth and reproduction in scleractinian corals following bleaching on the Great Barrier Reef. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 237: 133-141
- Barash, Y., Sulam, R., Loya, Y., Rosenberg, E. (2005). Bacterial strain BA-3 and a filterable

factor cause a white plague-like disease in corals from the Eilat coral reef. *Aquat Microb Ecol* 40: 183–189

- Ben-Haim, Y., Thompson, F.L., Thompson, C.C., Cnockaert, M.C., Hoste, B., Swings, J., Rosenberg, E., 2003. *Vibrio coralliilyticus* sp nov., a temperature-dependent pathogen of the coral *Pocillopora damicornis*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 53, 309–315.
- Bianchi, C.N., Pronzato, R., Cattaneo-Vietti, R., Benedetti-Cecchi, L., Morri, C., Pansini, M., Chemello, R., Milazzo, M., Fraschetti, S., Terlizzi, A., Peirano, A., Salvati, E., Benzoni, F., Calcinai, B., Cerrano, C., Bavestrello, G., (2003). I fondi duri. *Biol.Mar.Medit*, suppl. 10, pp. 199-232.
- Bourne, D.G., Boyett, H.V., Henderson, M.E., Muirhead, A., Willis, B.L. (2008) Identification of a ciliate (Oligohymenophora: Scutico- ciliatia) associated with Brown Band disease (BrB) on corals of the Great Barrier Reef. *Appl Environ Microbiol* 74:883–888
- Brown, B.E. (1997). Coral bleaching: causes and consequences. *Coral Reefs* 16: 129-138.
- Bruckner, A.W., Bruckner, R.J. (1997) The persistence of black-band disease in Jamaica: impact on community structure. *Proc 8<sup>th</sup> In Coral Reef Symp* 1:601- 606
- Bruno, J.F., Petes, L.E., Harvell, C.D., Hettinger, A. (2003) Nutrient enrichment can increase the severity of coral diseases. *Ecol Lett* 6:1056–1061
- Buddemeier, R.W. & Wilkinson, C.R. (1994). Global climate change and coral reefs: implications for people and reefs. IUCN: Gland (Switzerland), 107 pp.
- Burke, L.M., E. Selig, and M. Spalding. 2002. *Reefs at Risk in Southeast Asia*. World Resources Institute Carlton, R.G., and L.L. Richardson. 1995. *Oxygen*
- Burke, L.M., E. Selig, and M. Spalding. 2002. *Reefs at Risk in Southeast Asia*. World Resources Institute.
- Casamatta, D.A., Stanić, D., Gantar, M., Richardson, L.L. (2012) Characterization of

*Roseofilum reptotaenium* (Cyanobacteria, Oscillatoriales) gen. et sp. nov. isolated from Caribbean black band disease. *Phycologia* 51: 489-499.

- Cerrano, C., Bavastrello, G., Bianchi, C.M., Cattaneo-Vietti, R., Bava, S., Morganti, C., Morri, C., Picco, P., Sara, G., Schiaparelli, S., Siccardi, A., Sponga, F., 2000. A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North-western Mediterranean), summer 1999. *Ecology Letters* 3, 284–293.
- Cesar, H.S.J. (2000). Coral reefs: their functions, threats and economic value. *Collected Essays on the economics of coral reefs*.CORDIO, Kalmar University, Sweden, 14-39.
- Clarke, K. R. and Warwick, R.M., (1994). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.
- Coles, S. L., & Brown, B. (2003). Coral bleaching- capacity for acclimatization and adaption. *Adv. Mar. Biol.* 46: 183-224.
- Corliss, J.O. 1961. *The Ciliated Protozoa*. Pergamon Press, Oxford, 310pp.
- Cróquer, A., Bastidas, C., Lipscomb, D. (2006) Folliculinid ciliates: a new threat to Caribbean corals? *Dis Aquat Org* 69: 75–78.
- Diviacco, G., 1998. Indagine sulla Qualita` Dell'ambiente Naturale Costiero Marino in Liguria. Stato di Conservazione delle Biocenosi Bentiche Costiere. Regione Liguria, Genova, 92 pp.
- Galloway, S.B., Bruckner, A.W., Woodley, C.M. (eds) (2009). Coral health and disease in the Pacific: Vision for action. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 97 and CRCP 7. National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, MD, 314 pp.
- Gladfelter, E.H. (1988). The physiological basis of coral bleaching. In: Ogden J, Wicklund R (eds) *Mass bleaching of corals in the caribbean: a research strategy*, research report, 88-2. NOAA, Undersea Research Program, Rockville, Md, pp 15-18

- Gladfelter, W.B. (1982). White-band disease in *Acropora palmata*: implications for the structure and growth of shallow reefs. *Bull Mar Sci* 32:639–643
- Goreau, T.J., Cervino, J., Goreau, M., Hayes, R. and 14 others (1998) Rapid spread of diseases in Caribbean coral reefs. *Rev Biol Trop* 46:157–171
- Green, E.P, Bruckner, A.W. (2000) The significance of coral disease epizootiology for coral reef conservation. *Biol Conserv* 96:347–361.
- Grimsditch, G.D & Salm, R.V. (2006). Coral Reef Resilience and Resistance to Bleaching. IUC, Resilience Science Group Working Paper Series-No 1.
- Guilcher, 1988. Coral reef geomorphology. Chichester: John Wiley. 288 pp.
- Haapkylä, J., Melbourne-Thomas, J., Flavell, M., Willis, B.L. (2010) Spatiotemporal patterns of coral disease prevalence on Heron Island, Great Barrier Reef, Australia. *Coral Reefs* 29: 1035-1045.
- Haapkylä, J., Seymour, A.S., Trebilco, J., Smith, D. (2007) Coral disease prevalence and coral health in the Wakatobi Marine Park, South-East Sulawesi Indonesia. *J Mar Biol Assoc UK* 87:403–414.
- Harvell, C.D., Altize, S.R., Cattadori, I.M., Harrington, L., Weil, E. (2009) Climate change and wildlife diseases: When does the host matter the most? *Ecology* 90: 912–920.
- Harvell, C.D., Kim, K., Burkholder, J.M., Colwell, R.R. and others (1999) Emerging marine diseases: climate links and anthropogenic factors. *Science* 285:1505–1510.
- Harvell, C.D., Markel, S., Jordán-Dahlgren, E., Merkel, S., Rosemberg, E., Raymundo, L., Smith, G., Weil, E., Willis, B. (2007) Coral disease, environmental driver and the balance between coral and microbial associates. *Oceanography* 20:36-59.
- Harvell, C.D., Mitchell, C.E., Ward, J.R., Altizer, S., Dobson, A.P., Ostfeld, R.S., Samuel, M.D. (2002) Climate warming and disease risk for terrestrial and marine biota. *Science* 296, 2158-2162.
- Hobbs, J.P.A., Frisch, A.J. (2010). Coral disease in the Indian Ocean: taxonomic

susceptibility, spatial distribution and the role of host density on the prevalence of white syndrome. *Dis Aquat Org* 89:1-8.

- Hoegh-Guldberg, O. (1999). Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs . Greenpeace: Sydney (Australia), 28 pp.
- Hoegh-Guldberg, O., and Smith, G. J. (1989a). The effect of sudden changes in temperature, irradiance, and salinity on the population density and export of zooxanthellae from the reef corals *Stylophora pistillata* (Esper 1797) and *Seriatopora hystrix* (Dana 1846). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 129, 279-303
- Hoegh-Guldberg, O., and Smith, G. J. (1989b). The influence of the population density of zooxanthellae and supply of ammonium on the biomass and metabolic characteristics of the reef corals *Stylophora pistillata* (Esper 1797) and *Seriatopora hystrix* (Dana 1846). *Marine Ecology Progress Series* 57, 173-86.
- Hueerkamp, C., Glynn, P. W., D'Croz, L., Mate, J. L., Colley, S. B. (2001). Bleaching and recovery of five eastern Pacific corals in an El-Nino-related temperature experiment. *Bull. Mar. Sci.* 69: 215-236.
- Jokiel, P.L. & Coles, S.L. (1990). Response of Hawaiian and other Indo-Pacific reef corals to elevated temperature. *Coral Reefs* 8: 155-162.
- Jones, R. J., & Stevens, A. L. (1997). Effects of cyanide on corals in relation to cyanide fishing on reefs. *Marine and Freshwater Research* 48: 517-522.
- Kaczmarek, L., Draud, M., Williams, E.H. (2005). Is there a relationship between proximity to sewage effluent and the prevalence of coral disease? *Caribb J Sci* 41:124-137
- Kaczmarek, L.T. (2006). Coral disease dynamics in the central Philippines. *Dis Aquat Org* 69: 9-21
- Kleypas, J.A., Buddemeier, R.W., Archer, D., Gattuso, J.P., Langdon, C., Opdyke, B.N. (1999). Geochemical consequences of increased atmospheric carbon dioxide on coral reefs. *Science* 284: 118-120

- Koziol, C., Wagner-Hülsmann, C., Mikoc, A., Gamulin, V., Kruse, M., Pancer, Z., Schäcke, H., Müller, W. E. G. (1996). Cloning of a heat-inducible biomarker, the cDNA encoding 70 kDa heat shock protein, from the marine sponge *Geodia cydonium*: responses to natural stressors. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 136: 153-161.
- Kruskal, J.B, Wish, M. (1978). *Multidimensional scaling*. Sage Publications, Beverly Hills.
- Kushmaro, A. Y., Loya, M., Fine, and E. Rosenberg 1996. Bacterial infection and coral bleaching. *Nature* 380: 396.
- Kuta KJ, Richardson LL (1996) Abundance and distribution of black band disease on coral reefs in the northern Florida Keys. *Coral Reefs* 15:219-398.
- Lasagna, R., Albertelli, G., Giovannetti, E., Grondona, M., Milani, A., Morri, C., Bianchi, C.N. (2008). Status of Maldivian reefs eight years after the 1998 coral mass mortality. *Chem Ecol* 24:67–72.
- Linnik, S. (1986). The heat shock response. *Annu. Rev. Biochem.* 55: 1151-91.
- Lobban, C.S., Raymundo, L.M., Montagnes, D.J.S. (2011). *Porpostoma guamense* n. sp., a philasterine scuticociliate associated with brown-band disease of corals. *Eukaryotic Microbiology* 58(2):103-113.
- Loya, Y., (1978). Plotless and transect methods. In Stoddart, D.R., Johannes, R.E., (eds) *Monographs on oceanic methodology. Coral reef: research methods*. UNESCO Press. Paris, Vol 5, pp 197-218
- Loya, Y., K. Sakai, K. Yamazato, Y. Nakano, H. Sembali, and R. van Woesik. 2001. Coral bleaching: The winners and losers. *Ecology Letters* 4:122–131.
- Marshall, P. A., & Baird, A. H. (2000). Bleaching of corals on the Great Barrier Reef: differential
- Marshall, P.A. & Schuttenberg, H. (2004). *A Reef Manager's Guide to Coral Bleaching*. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville, Australia.

- McClanahan, T. (2000). Bleaching damage and recovery potential of Maldivian coral reefs. *Marine Pollution Bulletin* 40, 587-597.
- McClanahan, T. (2004). The relationship between bleaching and mortality of common corals. *Marine Biology* 144, 1239-1245.
- Moberg, F. & Folke, C. (1999). Ecological goods and services of coral reef ecosystem. *Ecol. Econ.* 29:215- 233.
- Montano, S., Strona, G., Seveso, D., Galli, P. (2012). First report of coral diseases in the Republic of Maldives. *Dis Aquat Org* 101:159-165.
- Montano, S., Strona, G., Seveso, D., Galli, P. (2013). Prevalence, host range, and spatial distribution of black band disease in the Maldivian Archipelago. *Dis Aquat Org* 105: 65–74.
- Montano, S. (2012). Coral health and disease assessment in the central Republic of Maldives. PhD thesis.
- Mumby P.J. et al 2006 Fishing, Trophic Cascades, and the Process of Grazing on Coral Reefs. *Science* 311: 98–101.
- Muscatine, L. (1990). The role of symbiotic algae in carbon and energy flux in reef corals. *Coral Reef* 25: 1-29.
- Mydlarz LD, McGinty SE, Harvell CD (2010) What are the physiological and immunological responses of coral to climate warming and disease? *J Exp Biol* 213:934–945
- Mydlarz, L.D., L.E. Jones, and C.D. Harvell. (2006). Innate immunity, environmental drivers and disease ecology of marine and freshwater invertebrates. *Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics* 37:251–288.
- Myers, R.L., Raymundo, L.J. (2009). Coral disease in Micronesian reefs: a link between disease prevalence and host abundance. *Dis Aquat Org* 87:97-104.
- Myers, J.L., Sekar, R., Richardson, L., (2007) Molecular detection and ecological significance of the Cyanobacterial genera *Geitlerinema* and *Leptolyngbya* in black band disease of corals. *Appl. Environ. Microbiol.* 73, 5173–5182.

- Naseer, A., (1997). Profile and status of coral reefs in Maldives and approaches to its management. In Proceedings of the Regional Workshop on the Conservation and Sustainable Management of Coral Reefs. M.S. Swaminathan Research Foundation, Chennai, India.
- Nugues, M. & Bak, R. (2009). Brown band syndrome on feeding scars of the crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci*. *Coral Reefs*, 28:507–510.
- Obura, D. (2003). Biodiversity and livelihoods-a perspective from coral reefs. SwedBio workshop on biodiversity, poverty and livelihoods. Stockholm, December 8.
- Odum H. T., & Odum, E. P., (1955) Trophic structure and productivity of a windward coral reef community on Eniwetok Atoll. *Ecol. Monogr.* 25(3), 291-320.
- Page, C., Willis B (2006) Distribution, host range and large- scale spatial variability in black band disease prevalence on the Great Barrier Reef, Australia. *Dis Aquat Org* 69: 41–51
- Page ,C.A., Willis BL (2008) Epidemiology of skeletal eroding band on the Great Barrier Reef and the role of injury in the initiation of this widespread coral disease. *Coral Reefs* 27:257–272.
- Palmer CV, McGinty SE, Cummings DJ, Smith SM, Bartels E, Myldzard LD (2011) Patterns of coral ecological immunology: variation in the responses of Caribbean corals to elevated temperature and a pathogen elicitor. *J Exp Biol* 214:4240–4249.
- Palmer CV, Myldzard LD, Willis BL (2008) Evidence of an inflammatory-like response in non-normally pigmented tissue of two scleractinian corals. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 275:2687–2693.
- Pandolfi, J.M., Jackson, J.B.C., Baron, N., Bradbury, R.H. and others (2005) Are U.S. coral reefs on the slippery slope to slime? *Science* 307:1725–1726.
- Peirano, A., Bianchi, C.N., 1997. Decline of the seagrass *Posidonia oceanica* in response to environmental disturbance: a simulation-like approach off Liguria (NW Mediterranean Sea). In: Hawkins, L.E., Hutchinson, S. (Eds.), *The Response of Marine Organisms to their*

Environments. University of Southampton, UK, pp. 87–95.

- Pichon, M., Benzoni, F. (2007) Taxonomic re-appraisal of zooxanthellate Scleractinian Corals in the Maldivé Archipelago. *Zootaxa* 1441: 21–33.
- Pinca S., Beger M., Peterson E., Richards Z. and Reeves E. (2002) Coral reef biodiversity community- based assessment and conservation planning in the Marshall Islands: baseline surveys, capacity building and natural protection and management of coral reefs of the atoll of Rongelap. RALgov public report.
- Porter, J.W., Dustan, P., Jaap, W.C., Patterson, K.L., Kosmynin, V., Meier, W.O., Patterson, M.E., Parsons, M. (2001). Patterns of spread of coral disease in the Florida Keys. *Hydrobiologia* 460: 1-24.
- Ravindran, J., Raghukumar, C. (2002). Pink line syndrome (PLS) in the scleractinian coral *Porites lutea*. *Coral Reefs* 21:252.
- Raymundo, L.J., Halford, A.R., Maypa, A.P., Kerr, A.M. (2009). Functionally diverse reef-fish communities ameliorate coral disease. *Proc Natl Acad Sci USA* 106:17067–17070.
- Raymundo, L.J., Harvell, C.D., Reynolds, T. (2003). *Porites* ulcerative white spot disease: description, prevalence, and host range of a new coral disease affecting Indo-Pacific Reefs. *Dis Aquat Org* 56:95–104.
- Raymundo, L.J., Rosell, K.B., Reboton, C.T., Karczmarzsky, L.T. (2005) Coral diseases on Philippine reefs: genus *Porites* is a dominant host. *Dis Aquat Org* 64: 181- 191.
- Richardson, L.L. (1998), Coral diseases: what is really known? *Trends Ecol Evol* 13:438–443.
- Riegl, B., J.L. Korrubel, and A. Antonius 2001. Coral pathologic syndromes: their frequency, dependence and influence on coral communities, and experimental treatment in the southern Arabian Gulf (Dubai, United Arab Emirates). *CoralReefs*, (inpress).
- Ritchie K, Polson SW, Smith GW (2001) Microbial disease causation in marine invertebrates: problems, practices and future prospects. *Hydrobiologia* 460:131–139

- Roberts, E. (2003). Scientists warn of coral reef damage from climate change. *Marine Scientist* 2, 21-23.
- Rosenberg, E., Ben-Haim, Y., 2002. Microbial diseases of corals and global warming. *Environmental Microbiology* 4, 318–326.
- Sanders, B. M. (1993). Stress proteins in aquatic organisms: an environmental perspective. *Crit. Rev. Toxicol.* 23: 49-75.
- Sato, Y., Bourne, D.G., Willis, B.L. (2009). Dynamics of seasonal outbreaks of black band disease in an assemblage of *Montipora* species at Pelorus Island (Great Barrier Reef, Australia). *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 27:2795-2803
- Schuhmacher, H., Loch, K., Loch, W., See, W. R. (2005). The aftermath of coral bleaching on a Maldivian reef—a quantitative study. *Facies* 51, 80-92.
- Seveso., D, Montano. S., Strona, G., Orlandi, I., Vai, M., Galli, P. (2012). Up-regulation of Hsp60 in response to skeleton eroding band disease but not by algal overgrowth in the scleractinian coral *Acropora muricata*. *Mar Environ Res* 78:34–39.
- Shakeel H. & Hudha, A., (1997). Exploitation of reef resources: grouper and other food fishes. In *Proceedings of the Regional Workshop on the Conservation and Sustainable Management of Coral Reefs*. M.S. Swaminathan Research Foundation, Chennai, India.
- Shareef A (2010) Fourth National report to the convention on biological diversity Maldives. Ministry of Housing and Environment, Malè, Republic of Maldives pp 12-94.
- Sokolow S (2009) Effects of a changing climate on the dynamics of coral infectious disease: A review of the evidence. *Dis Aquat Org* 87:5-18
- Spalding DS, Ravilious C, Green EP (2001) *World Atlas of Coral Reefs*. University of California
- Stedman, T.L. (2000). *Stedman’s medical dictionary*, 27th edn. Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore susceptibility among taxa. *Coral Reefs* 19, 155-163.
- Sussman, M., Bourne, D.G., Willis, B.L. (2006). A single cyanobacterial ribotype is

associated with both red and black bands on diseased corals from Palau. *Dis Aquat Org* 69:111-118

- Sussman, M., Willis, B.L., Victor, S., Bourne, D.G. (2008). Coral Pathogens Identified for White Syndrome (WS) Epizootics in the Indo-Pacific. *PLoS ONE* 3(6): e2393. doi:10.1371/journal.pone.0002393
- Sutherland KP, Porter JW, Torres C 2004. Disease and immunity in Caribbean and Indo-Pacific zooxanthellate corals. *Mar Ecol Prog Ser* 266:273-302.
- Trench, R. K. (1979). The cell biology of plant-animal symbiosis. *Annual Reviews of Plant Physiology* 30, 485-31.
- UNDP, (2006). Tsunami recovery in the Maldives. United Nations Development Programme, pp 29.
- Veron, J.E.N. (ed) (2000). Corals of the world, Vol 1–3. Australian Institute of Marine Science, Townsville.
- Veron, J. E. N. (1986). Corals of Australia and the Indo-Pacific. Angus and Robertson: London/Sydney.
- Voss, J. D., and L. L. Richardson. 2006. Nutrient enrichment enhances black band disease progression in corals. *Coral Reefs* 25:569–576.
- Wallace, C.C., and Zahir, H. (2007). The ‘Xarifa’ expedition and the atolls of the Maldives, 50 years on. *Coral Reefs* 26: 3-5
- Weil, E. (2004). Coral reef diseases in the wider Caribbean. In: Rosenberg E, Loya Y (eds) *Coral health and disease*. Springer-Verlag, Berlin, p 35–68.
- Weil, E., Irikawa, A., Casareto, B., Suzuki, Y. (2012). Extended geographic distribution of several Indo-Pacific coral reef diseases. *Dis Aquat Org* 98:163–170.
- Weil, E., Jordàn-Dahlgren, E. (2005). Status of coral diseases in Zanzibar and Kenya, western Indian Ocean. Disease working group progress report, GEF- CRTR Programm
- Weil, E., Smith, G.W., Gil-Aguedelo, D.L. (2006). Status and progress in coral reef disease

research. *Dis Aquat Org* 69:1-7.

- Welch, W. J. (1992). Mammalian stress response: cell physiology, structure/function of stress proteins, and implications for medicine and disease. *Physiol. Rev.* 72: 1063-1081.
- Wilkinson, C. (2000). World-wide coral reef bleaching and mortality during 1998: a global climate change warning for the new millennium? *Seas of the millennium: an environmental evaluation*, 43-55.
- Wilkinson, C.(ed.)(2004) *Status of coral reef of the world*. AIMS: Townsville (Australia), 557 pp.
- Willis, B.L., Page, C.A., Dindsdale, E.A. (2004). Coral disease in the Great Barrier Reef. In: Rosenberg E, Loya Y (eds). *Coral health and disease*. Springer-Verlag, Berlin, p 69–104.
- Zahir, H., (2000). Status of the coral reefs of Maldives after the bleaching event in 1998. In: Souter D, Obura D, Lindèn O (eds) *Coral reef degradation in the Indian Ocean*. Cordio, Stockholm, Sweden, pp 64-68.
- Zvuloni, A., Artzy-Randrup, Y., Stone, L., Kramarsky-Winter, E., Barkan, R., Loya, Y. (2009). Spatio-temporal transmission patterns of black-band disease in a coral community. *PLoS ONE* 4:e4993.

## **ALTRE FONTI**

### Libri consultati:

- Hickman, C.P., Roberts, S. L. Keen Jr., L. S., Larson A., Anson H., Eisenhour D. J. *Fondamenti di zoologia*.
- Raffi F., Serpagli E. *Introduzione alla paleontologia*

### Siti internet consultati:

- <http://www.themaldives.com/>
- <http://www.coraldisease.org/>
- <http://www.tsitours.com/>

