

L'isola d'Ischia: un osservatorio speciale per lo studio del cambiamento climatico globale a mare

Maria Cristina Gambi

Il Cambiamento Climatico Globale

Tra le diverse cause che minacciano la biodiversità della terra, le modificazioni climatiche che interessano il nostro pianeta e che conducono sia ad un riscaldamento globale, sia ad una progressiva acidificazione degli oceani, rappresentano una delle principali. Nonostante si parli di riscaldamento terrestre e di Cambiamento Climatico Globale (GCC) da oltre un paio di decenni [1, 2], una maggior e più diffusa consapevolezza del fenomeno si è affermata nella opinione pubblica dei paesi occidentali ed industrializzati solo in tempi più recenti. Il nostro pianeta ha già subito nel corso della sua lunga storia geologica importanti modificazioni che riguardano sia il clima che la struttura delle terre emerse. Le modificazioni climatiche di grande ampiezza, in epoche geologiche, sono state il motore dell'evoluzione permettendo l'adattamento o la scomparsa di specie e popolazioni, nonché di interi ecosistemi e biomi.

Negli ultimi decenni i cambiamenti climatici sulla superficie del nostro pianeta si presentano però più intensi e frequenti e su scala temporale più breve.

La maggior parte degli scienziati sembra essere d'accordo nell'imputare l'evoluzione del clima all'aumento, nell'atmosfera, dell'immissione dei gas serra in seguito ad attività antropiche, soprattutto all'aumento dei livelli di CO₂ conseguenti all'uso dei combustibili fossili.

A questo proposito la temperatura media dell'atmosfera è aumentata da 0,4 a 0,8 °C nel corso del ventesimo secolo, e dopo il rapporto del GIEC [3], un aumento di temperatura sulla superficie del globo di 1,1-6,3 °C è atteso per il 2100. Questo implica anche un possibile aumento del livello medio dei mari da 0,5 a 4 m sempre per il 2100 [4, 5].

I segnali del Global Climate Change (GCC) sono di vario tipo [6]:

- composizione dell'atmosfera terrestre (aumento della CO₂);
- composizione dell'acqua e alterazione dell'equilibrio dei carbonati (acidificazione degli oceani);

- aumento delle temperature medie terrestri e marine;
- scioglimento delle calotte polari e dei ghiacciai, con conseguente innalzamento del livello marino;
- aumento della frequenza di eventi climatici anomali e/o straordinari (ad esempio, cicloni, uragani, ecc.);
- maggiore irregolarità delle precipitazioni, aumento dei periodi di alluvioni/siccità, eventi meteorologici più energetici;
- cambiamenti idrodinamici marini, cambiamento di direzione delle grandi correnti marine, estensione della isoterma dei 15 °C verso latitudini più elevate;
- alterazioni nelle risposte biologiche degli organismi (specie), delle popolazioni e degli ecosistemi.

Le risposte di tipo biologico ai cambiamenti climatici possono essere anche schematizzate:

1. anticipazione del periodo riproduttivo di diverse specie vegetali ed animali;
2. variazione dei tempi delle migrazioni stagionali di molti organismi;
3. variazione nella distribuzione delle specie: specie temperate-tropicali che si diffondono, migrano verso latitudini più elevate;
4. comparsa di specie alloctone, aliene alla fauna e flora locale di determinate aree geografiche ed anche di nuovi parassiti e organismi patogeni per altre specie e per l'uomo;
5. estinzione locale (eventi di mortalità massicci) di intere popolazioni e di specie;
6. alterazioni nella struttura e nel funzionamento di interi ecosistemi che le estese morie di massa possono provocare.

Come si vede queste modificazioni interessano la diversità biologica dall'individuo all'ecosistema: esse possono minacciare direttamente la distribuzione, l'abbondanza, il comportamento, la morfologia e la genetica delle specie. Per di più, tali modificazioni possono agire indirettamente aumentando la competizione, la predazione, il parassitismo e favorendo quindi le perturbazioni dell'habitat. Esse aggravano anche problemi già esistenti come quello delle specie invasive e dell'urbanizzazione massiva, soprattutto delle coste.

Dal momento che alcune specie si adatteranno a questi cambiamenti, altre potranno non avere possibilità di reazione sufficiente a farvi fronte, a causa proprio della velocità stessa del cambiamento, e forse si estingueranno.

In questo intervento si vuole portare un contributo alla problematica dell'effetto del cambiamento climatico sulla biodiversità e su altri fenomeni e processi

di comunità ed habitat marini, utilizzando le coste dell'isola di Ischia come caso di studio e sintetizzando quindi una serie di dati ed informazioni presenti in letteratura che documentano la crescente presenza ed espansione di specie marine e di fenomeni indicatori di cambiamento climatico in questa regione che rappresenta, una sensibile zona di confine biogeografico all'interno dei mari Italiani e del Mediterraneo stesso. Inoltre, le conoscenze sulla biologia marina nel Golfo di Napoli e nell'isola d'Ischia in particolare risalgono alla fine dell'800 per la presenza sul territorio della Stazione Zoologica Anton Dohrn di Napoli (Figura 1), e già da allora testimoniano di una notevole ricchezza di specie e di habitat [7-9]. Nell'isola d'Ischia inoltre dal 1970 circa è attivo il team di ricerca di ecologia del benthos, presso la struttura di Villa Dohrn nel porto di Ischia (Figura 1) che fu costruita nel 1906 quale residenza estiva del fondatore della Stazione Zoologica, Anton Dohrn. La Villa, usata come residenza privata della famiglia Dohrn fino al dopo guerra, venne trasformata in laboratorio di ricerca sul benthos nel 1969, ed è quindi sede di ricerca sugli ecosistemi attorno all'isola da oltre 40 anni. Lo staff di ricerca, grazie anche a numerose collaborazioni nazionali ed internazionali, possiede serie storiche ed un notevole patrimonio di conoscenza sulla biodiversità marina dell'isola e sulla sua evoluzione in rapporto ai cambiamenti climatici.

Dopo un inquadramento generale sul Cambiamento Climatico Globale (CCG), il contributo si svilupperà su tre argomenti principali collegati con il CCG, concentrandosi sempre sulla situazione dell'isola di Ischia: le onde di calore estive ed i loro effetti sul benthos, la tropicalizzazione e le specie aliene, e l'acidificazione delle acque marine.



Figura 1. A sinistra: la facciata della Stazione Zoologica Anton Dohrn di Napoli (Acquario o Villa Comunale) a Napoli. A destra: Villa Dohrn all'ingresso del porto di Ischia, originariamente residenza privata della famiglia Dohrn, sede del team di ricerca di ecologia del benthos della Stazione Zoologica dal 1970.

Cambiamento climatico in Mediterraneo

Il nostro Mediterraneo, in quanto mare chiuso e temperato, non è risparmiato dalle modificazioni climatiche di questi ultimi 25-30 anni, al contrario risulta particolarmente sensibile e colpito. Anche se nel corso dei tempi geologici, il Mare Nostrum ha attraversato molte crisi che hanno contribuito a modificare in maniera irreversibile la composizione degli ecosistemi [10-12], la velocità del cambiamento che si sta verificando attualmente è, tuttavia, mai sperimentata prima sia dall'uomo che dagli ecosistemi naturali. Tra le diverse e lunghe fasi geologiche dell'evoluzione del bacino del Mediterraneo ne ricordiamo in particolare tre che hanno avuto grande rilevanza per la biogeografia e la distribuzione attuali della flora e della fauna. Il Mediterraneo era parte di un più vasto mare, denominato Tetide, che era un vasto oceano poco profondo e a carattere caldo tropicale. Nel Miocene 10 my BP si realizza la chiusura di Suez e quindi dalla Tetide in cui il Mediterraneo era in connessione naturale con l'Indo-Pacifico, si chiude la connessione con il Mar Rosso e si viene a formare l'attuale bacino Mediterraneo chiuso.

Nel Miocene superiore, 6 my BP, si assiste alla crisi Messiniana; il bacino chiuso a causa dell'intensa evaporazione si dissecca quasi completamente, lasciando solo qualche zona "rifugio" per la flora e fauna, ne sono testimonianza le evaporiti, spessi depositi di sale sotto sedimenti marini di alcuni fondali mediterranei.

Nel Pleistocene superiore, 20.000 y BP, si verifica la glaciazione Wurmiana. Questo periodo si riferisce all'ultima glaciazione che provoca un abbassamento del livello del mare e successivamente a seguito dello scioglimento del ghiaccio, un innalzamento ai livelli attuali.

Gli ecosistemi marini mediterranei quindi sono cambiati anche profondamente durante la tormentata storia geologica di questo bacino, anche in tempi relativamente recenti, come quelli relativi alla glaciazione Wurmiana. Il Mediterraneo quindi rappresenta un'area temperata-calda sensibile e che ben registra gli effetti del cambiamento climatico.

Il Mediterraneo e l'Italia in particolare presentano diverse aree che costituiscono zone di "confine geografico-climatico", che rappresentano aree con discontinuità e particolarità bio-geografiche nella distribuzione della attuale flora e fauna marine [11-13]. Tuttavia, negli ultimi 100 anni, si è potuto constatare un aumento medio della temperatura in Mediterraneo da 0,3 a 0,7 °C [14]. Il riscaldamento climatico globale conduce ad uno spostamento delle specie termofile verso le latitudini più settentrionali [15-17]. Alcune specie termofile, solo vent'anni fa, presentavano infatti limite biogeografico settentrionale corrispondente alla distribuzione della isoterma dei 15 °C o dei 14 °C [11, 18] (Figura 2). A causa del-

lo spostamento settentrionale di queste due isoterme critiche, numerose sono le specie “termofile” che sono rinvenute più a nord del loro abituale areale, mentre sempre più numerose sono le specie ad affinità tropicale che in vario modo si sono introdotte in Mediterraneo e lungo le coste italiane. Nel complesso questi fenomeni vengono definiti come “tropicalizzazione” del Mediterraneo.

Per quanto riguarda la situazione di Ischia e del Golfo di Napoli più in generale, la mappa dei settori biogeografici delle coste italiane [12, 19], individua un settore corrisponde al Tirreno Centro-Meridionale e trova il suo limite settentrionale appunto nelle coste a nord della Campania, tra le Isole Flegree (Ischia, Procida e Vivara) e le isole Pontine (Ventotene e Ponza) (Figura 2). Alcune specie termofile autoctone, in passato, presentavano infatti limite biogeografico settentrionale corrispondente alle Isole Flegree e Pontine (Ischia-Ventotene-Ponza) (ad es., l'alga verde *Acetabularia parvula*, o il madreporario *Astroides calycularis*).

La ragione di questo particolare limite è in dipendenza dall'andamento dell'isoterma del minimo invernale di temperatura superficiale dei 14 °C che divide la parte nord dalla parte sud del bacino del Mediterraneo [12]. L'isoterma, o linea che unisce punti di uguale temperatura, rappresenta quindi un limite sotto il quale la temperatura non scende neanche nel periodo più freddo dell'anno. L'isoterma, o “14 °C divide” passa proprio tra le isole di Ischia e Ventotene [12] (Figura 2), anzi negli ultimi anni la minima invernale sembra si sia spostata verso nord e in questo zona abbia raggiunto la soglia dei 15 °C [18].

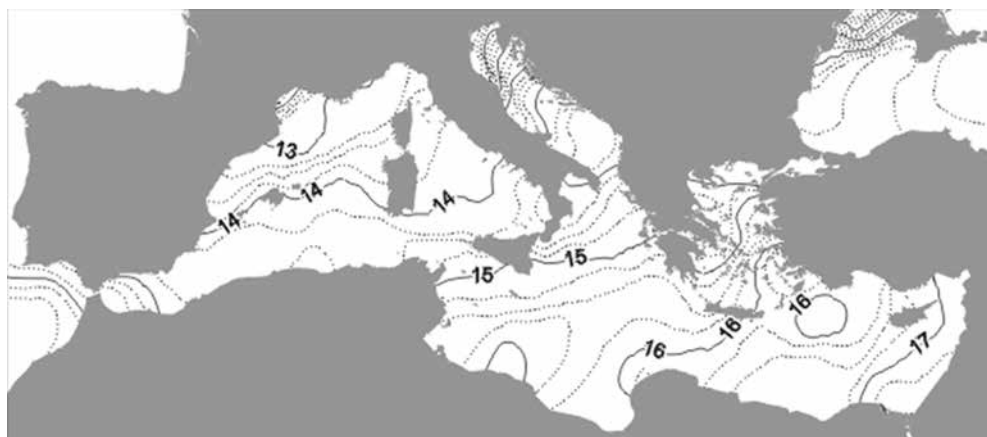


Figura 2. Mappa del Mediterraneo con l'andamento delle temperatura superficiale minime invernali del mare (isoterme = linee di uguale temperatura). Si noti come l'isoterma dei 14 °C passa tra le isole Flegree e le isole Pontine a nord delle coste della Campania (da [18], modificato).

Le coste Campane, ed in modo speciale la zona delle Isole Flegree, rappresentano quindi una zona di “confine” biogeografico ed aree molto sensibili a fenomeni tropicalizzazione, a loro volta mediati dal cambiamento climatico, particolarmente idonee quindi a studiare gli effetti di questi fenomeni sulla biodiversità marina autoctona del Mediterraneo.

Particolarità floristiche e faunistiche delle Isole Flegree

Le Isole Flegree (Ischia, Procida e Vivara) presentano una grande varietà di habitat marini per la diversificazione delle loro coste, sia rocciose che sabbiose e differentemente esposte al moto ondoso e per l'elevato ricambio delle acque dovuto a correnti ed ondatazione. Le Isole Flegree ed Ischia in particolare vanno inquadrati nel più ampio scenario del Golfo di Napoli, di cui rappresentano il limite settentrionale. In particolare il Canale d'Ischia e il Canale di Procida rappresentano delle zone di stretta per la circolazione delle acque. Queste isole e i fondali circostanti, pur condividendo l'origine vulcanica, presentano caratteristiche geologiche, oceanografiche e climatiche che le rendono uno scenario naturalistico di grande interesse per le tematiche inerenti la conservazione del territorio. L'insieme delle peculiarità ambientali evidenzia infatti l'importanza dell'interazione terra-mare che fin dall'antichità ha interessato soprattutto l'isola d'Ischia con fenomeni di erosione e regressione delle coste.

La varietà di situazioni costiere e la complessità geomorfologia emersa e soprattutto sommersa di Ischia e dei suoi fondali circostanti [20], si traduce in una elevata diversificazione di ambienti e di specie, tra le quali alcune di particolare interesse sia scientifico che naturalistico ed ecologico, per la loro distribuzione e rarità, o per le problematiche di conservazione a loro connesse. Ne sono esempio ancora le estese porzioni di fondale colonizzate dalla pianta marina *Posidonia oceanica*, che forma vere e proprie foreste sommerse. Ma anche alcuni banchi di corallo rosso (*Coralium rubrum*) ancora in ottimo stato di conservazione e presenti lungo alcune falesie profonde di Ischia, o i numerosi esemplari di *Pinna nobilis* (il più grande bivalve del Mediterraneo) comuni sulla *Posidonia*, alcuni rari molluschi quali *Bursa scrobilator* e *Charonia lampas*. Non da ultimo, vorrei ricordare, le popolazioni di delfini e balene che popolano le acque al largo di Lacco Ameno (canyon di Cuma), tra cui la specie a rischio di estinzione *Delphinus delphis* (delfino comune) di cui gli esemplari di Ischia rappresentano l'unica popolazione rilevata in continuo lungo le coste italiane [21].

Come già prima rilevato, la presenza dei ricercatori, sia botanici che zoologi, operanti presso il team di Ecologia del Benthos della Stazione Zoologica di

Napoli operante presso Villa Dohrn nel porto di Ischia dal 1970, ha contribuito nell'arco di oltre 40 anni alla conoscenza del "territorio mare" delle Isole Flegree. Tali conoscenze sono state approfondite e sintetizzate a seguito dello studio pilota per la realizzazione dell'Area Marina Protetta del "Regno di Nettuno" (isole di Ischia, Procida e Vivara) (Legge 394/1991 sui parchi marini) che ha visto il coordinamento del team di Ischia [21] e che ha permesso appunto al Ministero dell'Ambiente di istituire, con decreto del dicembre 2007, il parco marino che include quasi tutta l'isola d'Ischia, e tutte Vivara e Procida. Inoltre è degna di nota la recente pubblicazione della Carta Geologica di Ischia, con allegata cartografia dei fondali, da parte della Regione Campania [22] e della guida agli itinerari geologico-ambientali sempre della Regione Campania [23], che include anche una carta delle coste dell'isola con le maggiori emergenze geologico naturalistiche.

Ischia: heat-waves estive e fenomeni di mortalità del benthos sessile

Come abbiamo già avuto modo di rilevare prima, le coste settentrionali della Campania, in particolare nell'area tra le Isole Flegree (Ischia, Procida e Vivara) e le Pontine, rappresentavano fino a circa 25-30 anni fa un "confine geografico-climatico" nel Tirreno Centrale in dipendenza dal fatto che l'isoterma minima invernale di temperatura superficiale dei 14 °C si colloca proprio tra le isole di Ischia e Ventotene (Figura 2). Questo confine biogeografico/climatico adesso sembra si sia spostato più a nord e nell'area indicata adesso la isoterma minima invernale non scende sotto i 15 °C [18].

Durante gli ultimi anni, oltre al minimo invernale che si sposta geograficamente verso nord, si assiste anche ad un aumento delle temperature superficiali massime, e di vere e proprie anomalie termiche tardo-estive che provocano un abbassamento in profondità del termocline stagionale (la zona di discontinuità termica tra le acque calde superficiali estive e quelle profonde più fredde). In concomitanza con queste anomalie termiche, definite come vere e proprie "onde di calore" (heat-waves), sono stati osservati casi di mortalità di massa transietiche di diversi invertebrati marini, quali spugne [24], ascidie, antozoi, bivalvi, gorgonie [24-26], madreporari [27], e rilevati inizialmente soprattutto nel Mar Ligure e nel Mediterraneo nord-occidentale [28]. Tra gli organismi colpiti, le gorgonie (ventagli di mare) rappresentano quelli più vulnerabili alle temperature elevate, come già indicato da Weinberg [29] che rileva la mortalità della specie *Ennucella singularis* (gorgonia bianca) nella regione di Banyulus-sur-mer (Francia) con temperature troppo elevate (maggiori di 24 °C anche al di sotto del termocline) durante

l'estate del 1973. Ma è nel corso dell'estate del 1999 che il Mediterraneo Nord-occidentale è stato protagonista di uno dei più intensi eventi di mortalità di massa mai registrati precedentemente nei nostri mari, ed associato ad una evidente heat-wave. Nel versante nord occidentale, in un'area che si estendeva dall'Isola d'Elba al Golfo di Genova, e fino al Golfo di Marsiglia, numerosi invertebrati sessili, tra cui le più comuni gorgonie come *Paramuricea clavata* (gorgonia rossa) *Eunicella singularis* (gorgonia bianca) ed *Eunicella cavolinii* (gorgonia gialla), furono pesantemente colpiti da questo fenomeno. Le morie sono state registrate a partire dal mese di agosto e si sono protratte fino a novembre 1999 [25, 26, 30-32]. In Mar Ligure, la mortalità di massa di organismi sessili coloniali osservata nel 1999, si è accompagnata ad uno sprofondamento del termocline fino a 40 m di profondità [24]. Successivamente un'altra heat-wave si è verificata alla fine dell'estate del 2003 interessando questa volta un'area ancora più vasta del Mediterraneo nord-occidentale e spingendosi a sud fino al Golfo di Napoli [33].

Nelle Isole Flegree e nel Golfo di Napoli, un evento di mortalità di massa, mai segnalato prima in questa area del Tirreno, si osserva per la prima volta alla fine dell'estate del 2002 e anche nell'estate successiva del 2003, in concomitanza con la heat-wave più vasta che interessa tutto il Mediterraneo occidentale [33]. Tale evento viene documentato in alcune aree costiere delle isole di Ischia e Procida [34] ed anche nella Penisola Sorrentina [35]. Le specie colpite sono *Eunicella singularis* e *Paramuricea clavata* lungo le Isole Flegree, mentre in Penisola Sorrentina, oltre a queste specie la mortalità interessa anche *Eunicella cavolinii*. Le aree colpite sono numerose; nelle Isole Flegree i rilievi si concentrano su alcune secche rocciose e falesie ove questi organismi formano popolazioni cospicue [21], quali Punta Pizzaco e Punta Solchiaro (Procida), e la secca del Bell'ommo di terra (Ischia).

Le ispezioni visive e le misure hanno messo in evidenza lungo la falesia di Pizzaco, dove la mortalità ha interessato la sola specie *Paramuricea clavata*, che il 34% del totale delle gorgonie rosse non presentava danno alcuno, il 32% del totale degli individui mostrava tessuti danneggiati tra il 50% ed il 99%, mentre il 30% degli individui presentava tessuti completamente necrotizzati (Figura 3). A Solchiaro la mortalità ha interessato invece la sola specie *Eunicella singularis* con il 53% del totale delle colonie che presentava tessuti danneggiati tra il 50% ed il 99%, il 24% delle colonie mostrava tessuti completamente necrotizzati e solo il 3% erano ancora intatte. Sulla secca del Bell'ommo il 35% del totale delle colonie erano ancora intatte, mentre il 30% presentava tessuti danneggiati tra il 50% ed il 99%, e il 20% degli individui con tessuti completamente necrotizzati.

L'analisi della distribuzione della temperatura nella colonna d'acqua in una stazione costiera del Golfo di Napoli (Saggiomo et al., dati inediti), mette in evi-

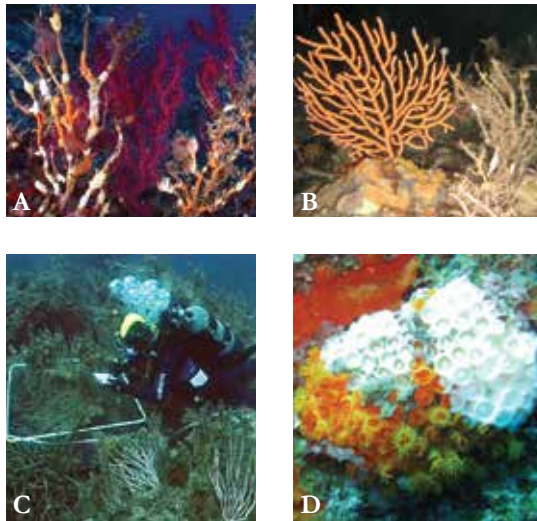


Figura 3. A) colonie della gorgonia rossa *Paramuricea clavata* (foto Iacono B.) con evidenti segni di necrosi per l'anomalia termica (heat-wave del 2002) nelle Isole Flegree (-28 m). B) colonie della gorgonia gialla *Eunicella cavolinii* con individui sani e individui in necrosi a seguito dell'evento di mortalità da heat-wave estiva nel 2009 (-15 m) (foto Barbieri F.). C) un operatore del team di Villa Dohrn ad Ischia mentre rileva fenomeni di mortalità dei gorgonacei durante la moria del 2002 nella secca del Bell'ommo di Ischia (-18 m) (foto Dappiano M.). D) una colonia del madreporario *Astroides cabicularis* in larga parte morta e "sbiancata" durante l'evento di mortalità del 2009 ad Ischia (La Nave -5 m) (foto Gambi M.C.).

denza come nel 2002 sia rilevabile una maggiore permanenza del termoclino estivo, esteso con temperatura intorno a 23 °C tra 20 e 25 m circa di profondità (Figura 4). Oltre alla possibile anomalia termica (i cui effetti puntiformi sono però difficilmente spiegabili), non si possono escludere anche fattori biotici selettivi (ad esempio, agenti patogeni, età delle colonie). Nel 2003 il fenomeno di heat-wave si ripete, ed interessa un vasto bacino del Mediterraneo nord-occidentale di cui Ischia ed il Golfo di Napoli rappresentano il sito più a sud dove il fenomeno si manifesta [33]. Tuttavia, a causa dell'evento dell'anno precedente, che aveva già ridotto notevolmente le popolazioni, i suoi effetti ad Ischia sembrano meno eclatanti.

Alla fine dell'estate del 2005 si verifica un altro evento, documentato ad oggi solo lungo le coste di Ischia e Procida, che interessa in larga misura le stesse zone colpite nel 2002-2003 (Solchiaro, Bell'ommo), ed anche altre aree, quali la secca delle Formiche nel canale d'Ischia e la parete di Sant'Angelo, che non erano state colpite negli anni precedenti. L'evento del 2005 coinvolge le due specie di *Eunicella*, mentre la gorgonia rossa (*P. clavata*) non ne viene interessata [36]. A questa serie di eventi di mortalità un po' a "macchia di leopardo", seguono alcuni anni in cui l'andamento della temperatura non presenta anomalie rilevanti (Figura 4) ed in cui le popolazioni di gorgonie sembrano riprendersi, come indicato da uno studio del 2008 relativo ad una tesi di laurea [37]. Ma a metà circa del settembre del 2009 si verifica di nuovo una heat-wave che lungo le coste di

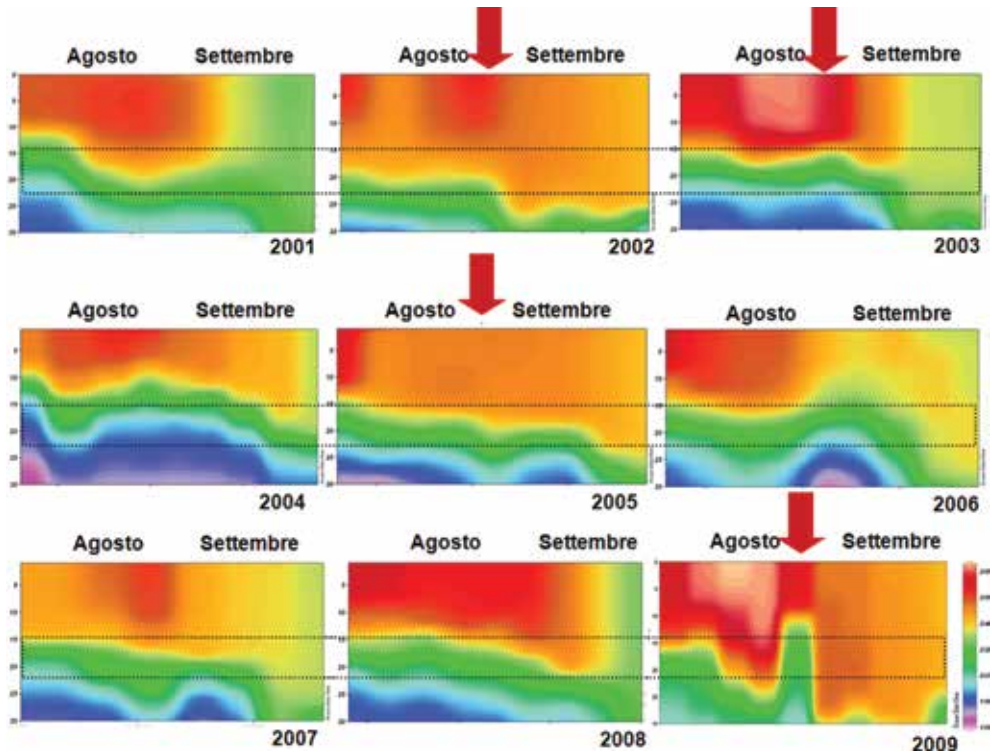


Figura 4. Andamento della temperatura del mare nel Golfo di Napoli nei primi 30 m durante le estati (agosto e settembre) di diversi anni. Si notino (indicati con le frecce) le estati in cui si sono verificate heat waves (ondate di calore), di cui riportato nel testo. Con la linea tratteggiata è indicato il livello batimetrico in cui si sviluppano maggiormente le gorgonie. I dati sono per gentile concessione del Dr Saggiomo V. (Stazione Zoologica, che qui si ringrazia) e relativi alla stazione fissa di Marechiarà al largo di Mergellina (Napoli).

Ischia ha avuto effetti davvero impressionanti [38]. L'anomalia di temperatura è stata così forte (in superficie si sono raggiunti i 29-30 °C a fine agosto) (Figura 4) che non solo le popolazioni dei gorgonacei sono state colpite, ma per la prima volta si è registrato lo sbiancamento delle colonie del madreporario *Astroides calycularis* (Figura 3), un fenomeno mai rilevato prima in Mediterraneo, e la mortalità degli spondili (*Spondylus gaederopus*). Da questo ultimo evento ad oggi non si sono rilevati altri fenomeni, ma è sicuramente preoccupante che nell'area del Golfo di Napoli nel corso di 7 anni (2002-2009) si siano verificati 4 episodi di heat-wave e conseguente mortalità massiva di diversi organismi sessili.

Anche se esistono alcuni studi, non sono ancora chiari i tempi di possibile recupero delle popolazioni a seguito degli eventi di mortalità [39-41], non di meno le implicazioni ecologiche di questi fenomeni possono essere non trascurabili. I gorgonacei, infatti, rappresentano tra le specie più tipiche e cospicue dell'habitat del coralligeno mediterraneo, costituendo delle vere e proprie *facies* [42], vivono molti anni e formano popolazioni stabili, ma non si sconoscono ancora bene né i tassi di accrescimento né la frequenza dei fenomeni riproduttivi. I gorgonacei presentano inoltre uno sviluppo tridimensionale, ed una architettura che aumenta la complessità strutturale dell'habitat. Molti sono gli organismi ad essi associati sia tra i pesci che tra gli invertebrati come alcuni epibionti caratteristici, e da questo punto di vista possono essere considerati come delle specie "ingegneri". È quindi preoccupante la ricaduta ecologica per la biodiversità e per il funzionamento del coralligeno stesso, a seguito della perdita massiva e rapida di densi popolamenti di queste specie massive, per le varie forme di benthos sessile e mobile associate. In conclusione, a partire dal 1999, in vaste aree del Mediterraneo occidentale molte popolazioni di gorgonie sono quindi scomparse o sono state sottoposte a elevati livelli di degradazione da stress termico; è evidente che il ripetersi, ad intervalli sempre più brevi, di fenomeni di mortalità così estesi e rapidi, può mettere a rischio la sopravvivenza di molte popolazioni a livello locale, come probabilmente si è verificato nelle Isole Flegrée già in alcune aree circoscritte come Punta Solchiaro e Punta S. Pancrazio [Gambi M.C., oss. pers.].

Il susseguirsi in tempi brevi di diversi eventi di mortalità di massa in varie aree del Mediterraneo occidentale ha stimolato la creazione di un network di rilievo di dati e cooperazione a livello Mediterraneo, il progetto "Medchange" (<http://piccard.esil.univmed.fr/medchange/spip/>) [33] che propone inoltre un protocollo comune di rilievo *in situ* di questi fenomeni.

A livello nazionale, invece, le Università di Genova, Bologna ed Ancona anno organizzato il progetto MAC (Monitoraggio Ambiente Costiero: www.progettomac.it) che comprende una rete di diving ricreativi associati e distribuiti su tutto il territorio nazionale, in cui sono incluse anche le osservazioni sulle morie di massa, oltre a quelle su specie aliene ed altri organismi indicatori di cambiamento climatico. La più recente tra le iniziative internazionali riguarda il progetto coordinato dalla CIESM (*Commission Internationale pour l'Exploration de la Mer Méditerranée*) denominato "Tropical signals" (a cui partecipa anche il team di Ischia del nostro Istituto) [43], ed in cui una serie di sensori di temperatura che registrano in continuo sono stati inseriti lungo la falesia di S. Pancrazio nel luglio 2012.

Ischia e la problematica della tropicalizzazione e delle specie aliene

Come già prima evidenziato, in questo ultimo decennio i cambiamenti sono divenuti piuttosto evidenti un po' ovunque lungo le coste Italiane. Il Mar Ligure, situato più a nord, registra le variazioni maggiori e gli effetti più drammatici del riscaldamento delle acque [44]. Numerose sono le specie "termofile", prima confinate nelle zone meridionali più calde del Mediterraneo, che espandono la loro colonizzazione e sono rinvenute sempre più a nord del loro abituale areale di distribuzione [12] o che da aree tropicali contigue al Mediterraneo come dalla zona atlantica della Mauritania entrano in Mediterraneo utilizzando vie "naturali" di passaggio, quali lo stretto di Gibilterra. Contemporaneamente, sempre a causa dell'aumento della temperatura, assistiamo all'"invasione" del nostro mare da parte di sempre più numerose specie aliene – estranee cioè alla flora e fauna locale e separate dalle zone originarie da evidenti discontinuità spaziali – ad affinità tropicale che in vario modo si sono introdotte in Mediterraneo da aree tropicali con vettori artificiali mediati dall'uomo (ad es., con la navigazione come dal Mar Rosso via canale di Suez, la cosiddetta migrazione lessepsiana). In particolare, ad oggi circa 148 specie (macrofite, invertebrati e pesci) sono considerate non-indigene per le coste Italiane [13, 45], mentre a livello del Mediterraneo sono oltre 450 le specie che sono definibili come aliene e la maggior parte di queste sono ad affinità tropicale [46, 47]. Tale fenomeno, definito "tropicalizzazione" del Mediterraneo, sta alterando la biodiversità, la biogeografia e l'ecologia complessiva del bacino del Mare Nostrum.

L'isola d'Ischia non è immune da questo fenomeno; alcuni esempi di espansione di specie termofile autoctone rilevabili ad Ischia sono il pesce pappagallo (*Sparisoma cretense*), specie di origine tropicale atlantica, che dai primi sporadici avvistamenti [Gambi M.C. e Balestrieri L., oss. pers. del 1997] è adesso più comune, soprattutto nelle secche rocciose poco profonde (ad esempio, Secca delle Formiche di Vivara) [Gambi M.C., oss. pers. del 2010].

Il caso più rappresentativo dell'espansione di specie termofile autoctone lungo le coste Campane è costituito dalla madrepora *Astroides calycularis* (madrepورا arancione) che nel caso specifico relativo alla Grotta del Mago ad Ischia, ha aumentato di 7 volte la copertura del substrato dal 1976 al 2003 (Figura 5), e la cui popolazione, costituita per oltre l'80% da colonie giovanili, indica un ulteriore potenziale di espansione [48]. Attualmente stiamo assistendo all'aumento di un'altra specie autoctona termofila, il briozoo *Calpensia nobilis* (Figura 5), che tra i vari substrati predilige anche i rizomi di *Posidonia oceanica*. Questa specie è tipica di aree ad elevato idrodinamismo (soprattutto correnti di fondo) ed è sta-

ta documentata su *Posidonia* nelle praterie del canale tra Ischia e Procida, caratterizzate da elevata corrente [49], dove colonizza i rizomi di *Posidonia* con manicotti di notevoli dimensioni, e che influenzano i tassi di crescita della pianta stessa. Dal 2005, la specie è in crescente espansione essendo stata osservata anche nella porzione superficiale (11-15 m) della prateria di Cava dell'isola nel versante nord-occidentale di Ischia, un sito fortemente esposto al moto ondoso, e dove la specie non era stata osservata in precedenti indagini [Gambi M.C. oss. pers.]. Prime osservazioni e misure effettuate nel 2006 mostrano come i fasci colonizzati da questo briozoo a 10 m di profondità erano il 14% dei fasci della prateria (media e d.s. della densità dei fasci a 10 m = $467,5 \pm 115,0$). L'espansione di questa specie termofila, osservata soprattutto dopo il 2005, potrebbe essere stata favorita dalla heat-wave dell'estate del 2005 [36], come riportato nel paragrafo precedente.

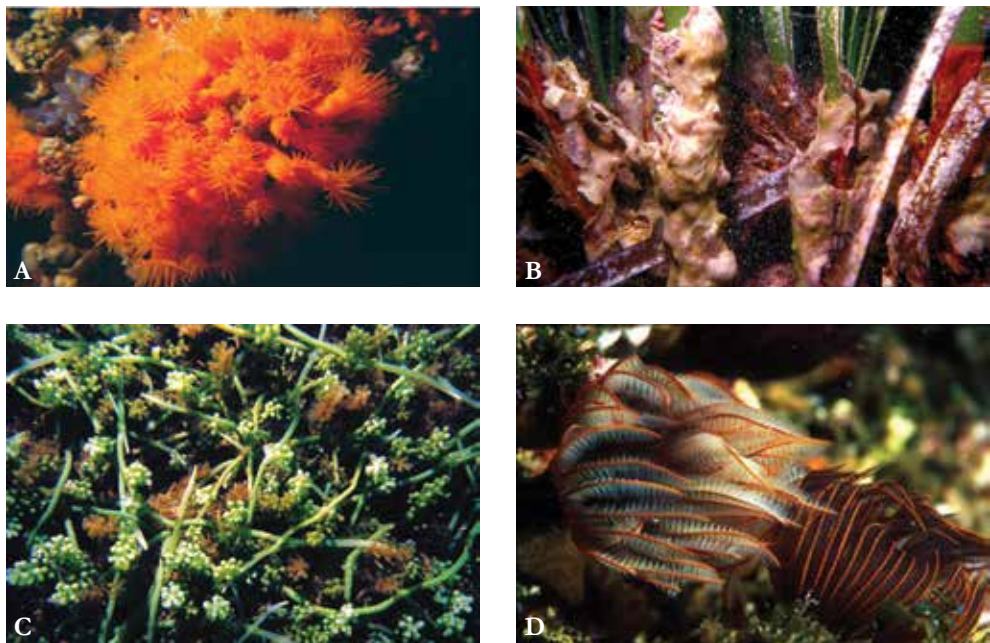


Figura 5. A) Colonie del madreporario autoctono e termofilo *Astroides calycularis* (foto Dappiano M.) e del briozoo termofilo *Calpensia nobilis* epibionte su rizomi di *Posidonia oceanica* (B) (foto Gambi M.C.) specie entrambe aumentate ad Ischia in questi ultimi anni. C) esemplari dell'alga verde alloctona *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (foto Gambi M.C.) che ha invaso le coste di Ischia dal 2000 circa e del polichete introdotto dal Mar Rosso (migrante lessepsiano) *Branchiomma lucuosum* (D) (foto Terlizzi A.) presente a Ischia dal 1990.

Casi sempre più frequenti di specie aliene a carattere invasivo, ed esempi più eclatanti di espansione di areale si cominciano a documentare lungo le coste Campane a partire dai primi anni '90. Attualmente il numero di specie aliene lungo le coste Campane è di circa 36 (inclusi pesci ed organismi platonici). Le coste di Ischia presentano un numero molto più ridotto di alieni, con circa 10 specie. Tra queste alcune decisamente più invasive. Risale circa alla metà degli anni '90 l'invasione dell'alga verde aliena *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* nel Golfo di Salerno (prima segnalazione di questa specie in Campania, [50]) e che inizialmente risultava come uno degli insediamenti più vasti di quest'alga lungo le coste italiane. Già nel 2000 *Caulerpa racemosa* aveva invaso quasi tutte le coste campane da Salerno fino alle Isole Flegree [51, 52] (Figura 5). Anche per l'alga rossa di origine tropicale *Aparagopsis taxifomis*, si assiste ad una iniziale colonizzazione, limitata a poche aree delle Isole Flegree nel 2000 [21], fino alla rapida e vasta espansione in pochi anni successivi [53].

Emblematici sono anche i casi dei due policheti tropicali, *Branchiomma luctuosum*, presente ad Ischia dagli anni '90 [54] (Figura 5) e la specie affine *Branchiomma bairdi* rilevata solo a partire dal 2012 [55]. Lungo le coste di Ischia è sempre più comune anche il granchio migrante lessepsiano *Percnon gibbesi* [48]. Mentre occasionalmente è stato rinvenuto al largo di Ischia anche il pesce palla (*Sphoeroides pagygaster*) [48].

Oltre alla presenza di specie "indicatrici" di cambiamento climatico, anche alcuni fenomeni si stanno verificando in maniera più frequente ad indicare un riscaldamento delle nostre acque, quali le fioriture cospicue di alghe filamentose e di tipo mucillaginoso, quali *Acinetospora crinita*, e di mucillagine bento-pelagica rilevata nei periodi pre-estivi ed estivi al di sotto del termocline stagionale, come successo in maniera cospicua nel 1991 e nel 2000 [21, 56]. Anche una maggiore frequenza delle fioriture di *Posidonia oceanica* ed una variazione nella produzione della pianta, negli ultimi anni, sono da collegarsi probabilmente con il cambiamento del regime termico [57, 58].

Ischia e la problematica dell'acidificazione degli oceani

L'aumento termico di cui prima si è parlato è imputabile soprattutto al sempre maggiore uso di combustibili fossili e al conseguente accumulo nell'atmosfera di CO₂ [59, 60]. È quasi certo che la concentrazione CO₂ nell'atmosfera raddoppierà il suo valore entro la fine di questo secolo e che il valore raggiunto sarà il più elevato registrato nel corso dei millenni [61].

Uno dei siti di accumulo di questa produzione antropica di CO_2 è appunto l'ambiente marino dove questo gas si dissolve per formare acido carbonico. Sebbene l'acqua di mare tamponi questo processo chimico, l'acidità dell'ambiente marino sta aumentando con un incremento del 30% di H^+ , pari ad un abbassamento di 0,1 del pH dall'era industriale ad oggi. Questo fenomeno è conosciuto come "acidificazione degli oceani". È stato stimato che entro il 2100, se l'uso di combustibili fossili continuerà con i ritmi attuali, la caduta di pH nell'ambiente marino sarà addirittura di 0,3-0,4 unità [62, 63]. Considerando che il pH si esprime come il logaritmo negativo della concentrazione degli ioni di H^+ , la variazione anche di poche unità presuppone concentrazioni di H^+ di ordini di grandezza superiori ai livelli normali (pH normale del mare 8,12) e quindi di potenziale formazione di acido carbonico ed aumento dell'acidità delle acque. L'acidificazione marina rappresenta quindi "l'altra faccia del problema della CO_2 ", e sta minacciando specie ed ecosistemi, soprattutto quelli costituiti da organismi a guscio/scheletro calcareo (ad es., coralli, barriere coralline).

La portata di questa importante variazione ambientale è stata discussa in un recente report della Royal Society [64] che auspica l'urgenza di ricerche su tale argomento. La presenza ad Ischia, per la sua natura vulcanica, di un sito di emissione spontanea di CO_2 può fornire ai ricercatori uno scenario naturale dei probabili effetti dell'acidificazione oceanica sui sistemi marini bentonici in un futuro non lontano come il 2100.

L'isola di Ischia è ben nota per le sue risorse ambientali, naturali e paesaggistiche e presenta una lunga e ben documentata storia vulcanica; le eruzioni hanno generato differenti rocce basaltiche e numerosi depositi di frane detritiche [65, 66]. Il vulcanismo dell'area è accompagnato inoltre da intensa attività idrotermale e da emissioni di gas in varie parti dell'isola. Alcuni campi fumarolici sono presenti anche attorno alle coste dell'isola e localizzati a bassa profondità; le loro caratteristiche geochemiche sono state studiate da Tedesco [67]. Tra questi, il Castello Aragonese di Ischia, nella zona nord-orientale dell'isola, che è stato di recente individuato come geosito marino da parte della Regione Campania (geosito n. 20) [68], e che rappresenta anche l'unica area a mare sotto tutela archeologica dell'isola d'Ischia [69]. Il Castello è un isolotto (duomo vulcanico) attualmente collegato ad Ischia da una strada, le cui coste sono interessate da intense emissioni di gas dal fondale marino, favorite probabilmente dalla presenza di una faglia [70] (Figura 6). Questo gas è rappresentato per circa il 95% da anidride carbonica [67, 71], ed interessa una zona estesa per circa 150 m x 20 m lungo la parete rocciosa sia a nord che a sud dell'isolotto. A nord le fumarole ricoprono una superficie di circa 2.000 m² per una fuoriuscita totale di



Figura 6. A) Il Castello Aragonese di Ischia, lungo le cui coste si verificano emissioni sommerse di CO_2 che acidificano naturalmente le acque circostanti, visto dal lato nord. B) una visione della zona a matte morta di Posidonia nelle fumarole (foto Iacono B.). C) Dens coperture di alghe a tallo molle (*Dictyota* spp.) nelle aree a maggiore emissione di CO_2 (foto Tiberti L.). D) Un banco di Salpe (*Salpa sarpa*) che nuota nelle zone a maggiore acidificazione del Castello (foto Iacono B.). E) prateria di *Posidonia oceanica* interessata dalle emissioni di CO_2 (foto Iacono B.). F) visione d'insieme della zona di massima emissione di CO_2 al Castello, si notino le dense coperture dell'alga *Caulerpa prolifera* (foto Kroecker K.) (da [68], modificato).

0,7x10⁶ l al giorno; a sud ricoprono un'area di circa 3.000 m² con un'emissione totale di 1,4x10⁶ l al giorno, acidificando una massa d'acqua di circa 18.000 m³ [71]. Nell'aria interessata dalle emissioni di gas la temperatura e le salinità sono simili a quelle delle aree limitrofe non interessate dalle emissioni ed omogenee, mentre l'alcalinità totale varia tra 2,50-2,54 mEq/kg. Il pH medio varia tra 8,10 (normale), a circa 150 m dalle emissioni più dense, fino a 7,0-6,5 nelle aree a maggiore densità di bolle [72]. Tuttavia, misure successive, hanno messo in evidenza un andamento molto variabile del pH in alcune zone [73], e con valori che presentano anche un ciclo giornaliero molto evidente e che nella zona a maggiore emissione di bolle si abbassano anche sotto 6,0 [72, 74]. Da questa zona di intense emissioni si origina un gradiente di acidità delle acque che da questi valori estremamente bassi raggiunge i valori normali di pH per le acque del Mediterraneo di 8,12 lungo un transetto che si sviluppa sia sul lato sud che nord del Castello.

I siti con caratteristiche simili a quelle del Castello Aragonese rappresentano “laboratori naturali” per studiare il problema dell'adattamento di singole specie, così come di intere comunità ed ecosistemi all'acidificazione delle acque, ed una sorta di “finestra sul tempo” per osservare nell'attuale i possibili scenari ecologici dei mari sulla base dei futuri valori del pH previsti da alcuni modelli geochimici per il 2100 di cui si è accennato prima.

Stime indirette, attraverso informazioni archeologiche e storiche, permettono di datare l'attività fumarolica sommersa del sito del Castello Aragonese a circa 1800-1900 anni BP [75]. Osservazioni aneddotiche di alcuni biologi marini che hanno studiato nell'area negli anni '70 e primi anni '80 (Boudouresque C.-F., Cinelli F., Ott J., Pronzato R., Gambi M.C., Russo G.F.) indicano che sul lato nord del Castello le fumarole erano assenti, a dimostrazione di come questi fenomeni siano variabili anche in tempi relativamente brevi. Gli habitat che caratterizzano queste aree sono principalmente fondi duri superficiali a densa copertura di macroalghe, e la prateria di *Posidonia oceanica*. Modeste tasche di sedimenti incoerenti, costituiti da sabbie grossolane miste a ghiaia e ciottoli, sono inframmezzate ad alcuni massi presenti sul fondo ed alla matre morta di *Posidonia*.

Gli studi ad oggi pubblicati (Tabella 1), relativi alla caratterizzazione ecologica del sito ed alla composizione ed evoluzione del biota bentonico di fondo duro, mettono in evidenza nelle aree a pH molto basso (media 6,6) una notevole riduzione della biodiversità, sia algale che animale, a carico soprattutto di organismi calcarei (ad es., alghe corallinacee, echinodermi, molluschi, crostacei decapodi, briozoi, policheti serpulidi).

Tabella 1. Elenco degli argomenti ad oggi studiati nei sito di emissioni di CO₂ del Castello Aragonese di Ischia, e delle pubblicazioni prodotte (da [68], modificato).

Topic	Citation
General ecology of vents	[71, 89-91]
Vent's gas analysis and origin	[67, 71]
Trend and spatial variation of pH, TA	[71-74]
Ammonia oxidation	[92]
Microbial community on <i>Anemonia viridis</i>	[93]
Foraminifera distribution	[78, 94]
Acoela (new species, type locality at the north side vent area)	[76]
Macroalgae (distribution, ecology, genetics)	[71, 77, 95-98]
<i>Posidonia oceanica</i> ecosystem	[71]
Epiphytes of <i>Posidonia</i>	[84, 99]
Sponge distribution	[100]
Invertebrate settlement	[78, 80]
Invertebrate distribution	[71, 72]
Fish visual census	[81]
Calcification Bryozoa	[75, 85-87]
Calcification Scleractinia-Mollusca	[88]
Autoecology, eco-physiology of polychaetes	[79]
Ecological succession on artificial and natural hard substrates	[82, 83]

La check-list delle specie rilevate nell'area, derivata sia da studi precedenti [21] che dalle indagini ecologiche effettuate sulle emissioni a partire dal 2008 [71], documenta la presenza di 551 taxa di benthos e pesci nel complesso dell'area del Castello, di queste 494 taxa (89%) sono presenti nelle zone a pH normale e fuori dall'influenza diretta delle emissioni, 274 taxa (50%) ricorrono nelle zone con emissioni modeste e valori relativamente bassi del pH, e 139 taxa (25%) sono presenti nelle zone maggiormente acidificate, di cui solo 18 (3,2%) sono esclusive di queste aree [68]; tra queste anche una specie nuova per la scienza, un verme piatto descritto di recente [76].

Nelle aree acidificate si realizza quindi una riduzione del 74% della biodiversità complessiva presente nella zona. Le specie resistenti a valori molto bassi del pH sono alcune macroalghe (*Sargassum vulgare*, *Hildebrandia rubra*, *Dictyota dichotoma*, *Caulerpa prolifera*, *Cladophora* spp., *Halopteris scoparia*) [77] e le fanerogame *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*. Tra la fauna sono abbondanti alcuni policheti

(*Syllis prolifera*, *Amphiglena mediterranea*, *Platynereis dumerilii*) [78, 79] e crostacei peccararidi, quali anfipodi, (ad esempio, *Caprella acanthifera*), isopodi (*Dynamene bifieda*) e tanaidacei (*Leptochelia savignyi*) che dominano nella comunità di fondo duro [72, 78]; tra gli invertebrati a guscio calcareo solo i molluschi del genere *Patella*, individui giovanili di *Mytilus galloprovincialis* [80], ed il cirripede *Chtamalus stellatus* riescono a resistere al basso pH, mentre sono assenti i ricci. Tra i pesci sono comuni grandi banchi di *Sarpa salpa* che brucano sia tra le dense coperture di macroalghe che tra la Posidonia, alcune specie del genere *Diplodus* e *Crenilabrus* [81, Gambi M.C. osserv. pers.]. Nelle aree a emissione ridotta di bolle e con pH intermedio (media 7,7-7,8) si osservano organismi calcarei, anche se in forma ridotta, ma dominano ancora le alghe a tallo molle (soprattutto *Cladophora* e *Dictyota*) e compaiono i ricci (*Paracentrotus lividus* ed *Arbacia lixula*) [82].

Oltre ad un approccio descrittivo e ad analisi ecologiche e floro-faunistiche lungo il gradiente di acidità, una serie di ricerche ha anche coinvolto l'approccio sperimentale attraverso l'uso di strutture artificiali che simulano i substrati rocciosi [83] o i fasci di Posidonia [84], o il denudamento di substrati naturali e il controllo della colonizzazione e successione ecologica [82]. Questo tipo di esperimenti ha messo in evidenza nelle aree a pH molto basso e meno ridotto una maggiore omogeneizzazione dei popolamenti ed una riduzione della *patchiness* (distribuzione a macchie) a piccola e media scala, rispetto alla comunità naturale osservabile nelle aree di controllo lontane delle emissioni di CO₂ [82]. Questo è dovuto in parte ad una minore pressione parte di alcuni erbivori (ricci, patelle), che se anche presenti mostrano una diminuita attività di pascolo, e in parte al maggiore tasso di crescita e utilizzo della CO₂ in eccesso da parte delle alghe a tallo molle rispetto a quelle calcaree.

L'area delle emissioni si presta bene quindi come laboratorio naturale per esperimenti di trapianto *in situ* di organismi in condizioni forzate di acidificazione al fine di osservare risposte a livello morfologico e funzionale (ad es. variazioni morfometriche, dissoluzione di scheletri calcarei, composizione mineralogica, crescita, sopravvivenza, espressione di biomarkers biochimici e genetici indicatori di stress), effettuati soprattutto con organismi calcarei quali briozoi [75, 85-87], scleractinie e molluschi [88], policheti [79].

Per le importanti osservazioni ecologiche che siti come il Castello permettono di fare in rapporto agli scenari attuali e futuri dovuti al cambiamento climatico, queste aree meritano una tutela ed attenzione speciale, anche se, come il Castello Aragonese, sono già identificate come geositi, soggette anche a vincoli archeologici e localizzate all'interno di un'area marina protetta quale il Regno di Nettuno.

Conclusioni

In conclusione, sulla base di quanto esposto, si può affermare che Ischia costituisce un osservatorio privilegiato per lo studio del cambiamento climatico globale a mare, per diversi fattori che si possono così riassumere:

- a) La collocazione geografica dell'isola, attigua ad un "confine biogeografico" dei mari Italiani, e che è caratterizzato dalla isoterma dei 14 °C minimi invernali delle acque marine superficiali.
- b) La conformazione e natura vulcanica e la complessità geomorfologica delle coste e dei fondali adiacenti l'isola (presenza di numerosi, canyons, secche e banchi al largo, ecc.) che favoriscono la varietà e ricchezza biologica (biodiversità) a livello di specie, comunità ed habitat, sia per gli ambienti costieri, sia del largo (ad es., cetacei e tartarughe marine).
- c) La presenza di specie termofile, sia autoctone che alloctone, che trovano spesso ad Ischia il loro confine settentrionale di distribuzione o che qui si insediano comunque durante la loro progressiva espansione in Mediterraneo occidentale.
- d) Per la frequenza e a volte l'elevata intensità di fenomeni di riscaldamento estivo, "heat-wave", che hanno effetti di disturbo (mortalità di massa) per diverse specie "strutturanti" (ad es. gorgonacei, madreporari) ed interi habitat (ad es. coralligeno).
- e) Per la presenza di fumarole di anidride carbonica sommerse che, acidificando naturalmente l'acqua e creando un gradiente di pH, rappresentano laboratori naturali per studiare gli effetti ecologici ed evolutivi a medio-lungo termine dell'acidificazione degli oceani.

Non da ultimo, vorrei ricordare la presenza sul territorio di un Istituto di ricerca storico come la Stazione Zoologica Anton Dohrn, ed il suo team di ecologia del benthos distaccato a Villa Dohrn sul porto d'Ischia, che studiano in modo sistematico ed organico le specie, gli habitat ed i fenomeni di cui sopra nelle Isole Flegree fin dal 1970, e che effettuando studi e monitoraggi continui, permettono l'ottenimento di serie storiche degli ambienti marini dell'isola, solo grazie alle quali è rilevabile appunto il cambiamento climatico globale del Mare Nostrum e più in generale degli oceani del nostro pianeta.

Ringraziamenti

Voglio ringraziare il Dr Pietro Greco per l'organizzazione del convegno di Ischia nell'ambito della scuola di Scienza e Società *L'isola d'Ischia patrimonio cultu-*

rale e naturale dell'Umanità (Ischia, 12-13 aprile 2013), per avermi invitato a farne parte ed incoraggiato a presentare questo contributo. Si ringrazia il collega Dr V. Saggiomo per i dati di temperatura del Golfo di Napoli riassunti nella Figura 4. Questo scritto è dedicato alla memoria di due ricercatori prematuramente scomparsi e che hanno fatto parte del team di ricerca di Villa Dohrn, e che hanno contribuito enormemente alla conoscenza della biologia marina dell'isola di Ischia molto prima di me, due miei mentori e punti di riferimento intellettuale, Lucia Mazzella ed Eugenio Fresi.

Bibliografia

1. Palmer T.N., *Global Environmental Changes "Decadal Climate Variability: Dynamics and Predictability"*. In: Anderson D.L.T., Willebrand J. (Eds.), *NATO ASI Series 44*, Springer-Verlag Berlin, 1996.
2. IPCC 2007, *Climate Change 2007. I Principi Fisici di Base*, Intergovernmental Panel for Climate Change Secretariat, c/o WMO, 7bis, Avenue de la Paix, C.P. N° 2300, 1211 Geneva 2, Switzerland: 22 pp. <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/italian/ar4-wg1-spm.pdf>.
3. GIEC, *Bilan 2007 des changements climatiques: Rapport de synthèse du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du Climat, 2007*. OMM PNUE, 2007, 114 pp., http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf.
4. Karl T.R., Trenbeth K.E., "Modern global climate change", *Science*, 302: 1719-1723, 2003.
5. Kerr R.A., "Worrying trend of less ice, higher seas", *Science*, 311: 1698-1701, 2006.
6. Santangelo G., Fronzoni L. (Eds.), *Introduction*. In: *Global Climate Change and ecology of the next decade. Domus Galilaeana CISSC Workshop 2006-2007*, Edizioni ETS, Pisa 2008, 88 pp.
7. Lo Bianco S., "Notizie biologiche riguardanti specialmente il periodo di maturità sessuale degli animali del Golfo di Napoli", *Mitteilungen aus der Zoologischen Station zu Neapel*, 19(4): 513-761, 1909.
8. Russo G.F., "Ambienti marini del Golfo di Napoli e dell'isola d'Ischia: particolarità e paradossi", *Scheria*, 4: 58-72, 1995.
9. Gambi M.C., D'Ambra I., Fiorito G., Saggiomo V., *The "Archivio Moncharmont": a pioneering marine biodiversity assessment in the Gulf of Naples (Italy)*. In: Groeben C. (Ed.), *Places, People, Tools: Oceanography in the Mediterranean and Beyond. Proceedings of the Eight International Congress for the History of Oceanography*, Giannini Editore, Napoli 2013. Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli IV: 459-467.
10. Taviani M., "Shaping the biogeography of the Mediterranean basin: one geologist's perspective". In: "Marine biogeography of the Mediterranean Sea: pattern and dynamics of biodiversity", *Biogeographia*, 24: 15-22, 2003.
11. Bianchi C.N., Morri C., "Marine biodiversity of the Mediterranean sea: situation, problems and prospects for future research", *Marine Pollution Bulletin*, 40 (5): 367-376, 2000.
12. Bianchi C.N., "Biodiversity issues for the forthcoming tropical Mediterranean Sea", *Hydrobiologia*, 580: 7-21, 2007.
13. Relini G., "Nuovi contributi per la conservazione della biodiversità marina in Mediterraneo", *Biologia Marina Mediterranea*, 7 (3): 173-211, 2000.

14. Walther G.R., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C. Beebee T.Y., Fromentin J.M., Hoegh-Goldberg O., Bairlein F. et al., "Ecological responses to recent climate change", *Nature*, 416: 389-395, 2002.
15. Francour P., Boudouresque C.F., Harmelin J.G., Harmelin-Vivien M.L., Quignard J.P., "Are the Mediterranean waters becoming warmer? Information from biological indicators", *Marine Pollution Bulletin*, 28: 523-526, 1994.
16. Laubier L., Perez T., Lejeusne C., Garrabou J., Chevaldonné P., Vacelet J., Boury-Esnault N., Harmelin J.G., "La Méditerranée se rechauffe-t-elle?", *Marine Life*, 13: 71-81, 2003.
17. Harley C.D.G., Hughes A.R., Hultgren K.M. et al., "The impacts of climate change in coastal marine systems", *Ecology Letters*, 9, 228-241, 2006.
18. Gambi M.C., Barbieri F., Bianchi C.N., "New record of the alien seagrass *Halophila stipulacea* (Hydrocharitaceae) in the Western Mediterranean: a further clue to changing Mediterranean Sea biogeography", *Marine Biodiversity Records*, 2, e84: 1-7, 2009, doi:10.1017/S175526720900058X.
19. Bianchi C.N., "Proposta di suddivisione dei mari italiani in settori biogeografici", *Notiziario della Società Italiana di Biologia Marina*, 46: 57-59, 2004.
20. De Alteriis G., Tonielli R., Passaro S., De Lauro M., *Isole Flegree (Ischia e Procida). Serie batimetrica dei fondali della Campania con carta allegata 1:30.000*, Liguri Editore, Napoli 2005, 73 pp.
21. Gambi M.C., De Lauro M., Jannuzzi F. (a cura di), "Ambiente marino costiero e territorio delle isole Flegree (Ischia Procida Vivara – Golfo di Napoli). Risultati di uno studio multidisciplinare", *Accademia delle Scienze, Lettere ed Arti Napoli, Memorie Società di Scienze Fisiche e Matematiche* (Liguori Editore, Napoli), 2003, 425 pp.
22. Sbrana A., Toccaceli R.M., *Carta Geologica della Regione Campania. Foglio 464 Isola d'Ischia. Progetto CARG Campania, Assessorato Difesa del Suolo*, Litografia artistica cartografica, Firenze 2011, 216 pp + 1 carta: 10.000.
23. Monti L., *Isola d'Ischia. Guida geologico-ambientale. Regione Campania Assessorato Difesa del Suolo*, Litografia artistica cartografica, Firenze 2011, 356 pp. + 3 carte 1:10.000.
24. Cerrano C., Bavestrello G., Bianchi C.N., Cattaneo-Vietti R., Bava S., Morganti C., Morri C., Picco P., Sara G., Schiaparelli S., Siccardi A., Sponga F., "A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North western Mediterranean), summer 1999", *Ecology Letters*, 3: 284-293, 2000.
25. Garrabou J., Perez T., Sartoretto S., Harmelin J.-G., "Mass mortality event in red coral *Coralium rubrum* populations in the Provence region (France, NW Mediterranean)", *Marine Ecology Progress Series*, 217: 263-272, 2001.
26. Romano J.C., Bensoussan N., Younes W.A.N., Arlhac D., "Anomalie thermique dans l'eau du golfe de Marseille durant l'été 1999. Une explication partielle de la mortalité d'invertébrés fixés?", *Compte Rendue Academie Scientifique Paris, Sciences de la vie*, 323: 415-427, 2000.
27. Rodolfo-Metalpa R., Bianchi C.N., Peirano A., Morri C., "Coral mortality in NW Mediterranean", *Coral Reefs*, 19, 24, 2000.
28. Astraldi M., Bianchi C.N., Gasparini G.P., Morri C., "Climatic fluctuations, current variability and marine species distribution: a case study in the Ligurian Sea (north western Mediterranean)", *Oceanologica Acta*, 18 (2): 139-149, 1995.
29. Weinberg S., "Autoecology of shallow water ottocorallia from Mediterranean rocky substrata. I. The Banyuls area", *Bijdragen tot de Dierkunde*, 49(1): 1-15, 1979.
30. Perez T., Garrabou J., Sartoretto S., Harmelin J.-G., Francour P., Vacelet J., "Mortalité massive d'invertébrés marins: un événement sans précédent en Méditerranée nord-occidentale", *Compte Rendue Academie Scientifique Paris, Sciences de la vie*, 323: 853-865, 2000.

31. Linares C., Coma R., Diaz D., Zabala M., Hereu B., Dantart L., "Immediate and delayed effects of a mass mortality event on gorgonian population dynamics and benthic community structure in the NW Mediterranean Sea", *Marine Ecology Progress Series*, 305: 127-137, 2005.
32. Coma R., Linares C., Ribes M., Diaz D., Garrabou J., Ballesteros E., "Consequences of a mass mortality in populations of *Eunicella singularis* (Cnidaria: Octocorallia) in Menorca (NW Mediterranean)", *Marine Ecology Progress Series*, 327: 51-60, 2006.
33. Garrabou J.A., Coma R., Bensoussan N., Chevaldonné P., Cigliano M., Diaz D., Harmelin J.G., Gambi M.C., Graille R., Kersting D.K., Lejeune C., Linares C., Marschal C., Perez T., Ribes M., Romano J.C., Torrents O., Zabala M., Zuberer F., Cerrano C. "A new large scale mass mortality event in the NW Mediterranean rocky benthic communities: effects of the 2003 heat wave", *Global Change Biology*, 15: 1090-1103, 2009, doi: 10.1111/j.1365-2486.2008.01823x.
34. Gambi M.C., Cigliano M., Iacono B. "Segnalazione di un evento di mortalità di Gorgonacei lungo le coste delle isole di Ischia e Procida (Golfo di Napoli, Mar Tirreno)", *Biologia Marina Mediterranea*, 13 (1): 583-587, 2006.
35. Sbrescia L., Russo M., Di Stefano F., Russo G.F., "Analisi delle popolazioni di gorgonie dell'AMP di Punta Campanella dopo eventi di moria di massa", *Proceedings Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia*, 19: 449-457, 2008.
36. Cigliano M., Gambi M.C., "The long hot summer: a further mortality event of Gorgonians along the Phlaegrean islands (Tyrrhenian Sea)", *Biologia Marina Mediterranea*, 14 (1): 138-139, 2007.
37. Signorelli S. *Effetti del cambiamento climatico globale sulle popolazioni di gorgonacei Eunicella spp. nel Golfo di Napoli (Mar Tirreno)*, Università di Napoli Federico II, tesi di laurea 2008/2009, 93 pp.
38. Gambi M.C., Barbieri F., Signorelli S., Saggiomo V., "Mortality events along the Campania coast (Tyrrhenian Sea) in summers 2008 and 2009 and relation to thermal conditions", *Biologia Marina Mediterranea*, 17 (1): 126-127, 2010.
39. Sara G., Gasparini G.P., Morri C., Bianchi C.N., Cinelli F., "Reclutamento di gorgonie dopo un episodio di moria di massa in Mar Ligure orientale", *Biologia Marina Mediterranea*, 10(2): 176-182, 2003.
40. Cerrano C., Arillo A., Azzini F., Calcinaì B., Castellano L., Muti C., Valisano L., Zega G., Bavestrello G., "Gorgonian population recovery after a mass mortality event", *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 15: 147-157, 2005.
41. Gambi M.C., Barbieri F., "Population structure of the gorgonian *Eunicella cavolinii* in the "Grotta Azzurra" cave off Palinuro, after the mass mortality event in 2008", *Biologia Marina Mediterranea*, 19(1): 174-175, 2012.
42. Ballesteros E., "Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge", *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44: 123-195, 2006.
43. Moschella P., Alberto F., Antoniadou C., Chintiroglu C., Azzurro E., Ballesteros E., Ben Abdallah A., Ben Souissi J., Boero F., Galil B., Gambi M.C., Garrabou J., Despalatovic M., Grubelic I., V Erlaque M., Chevaldonne P., Perez T., Occhipinti-Ambrogi A., Ozturk B., Ramdani M., Ramos Espla A., Rebzani Zahaf C., Samuel-Rhoads Y., Russo G.F., Schembri P., Temraz T., Zaouali J., "CIESM tropical signals program – Tracking biogeographic trends in a changing sea", Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée CIESM, Monaco, *CIESM Congress Proceedings*, Venice, 39, 2010, <http://www.ciesm.org/marine/programs/tropicalization.htm>.
44. Bianchi C.N., Morri C., "Southern species in the Ligurian Sea (Northern Mediterranean): new records and a review", *Bollettino Musei Istituti Biologici Università di Genova*, 58-59: 181-197, 1994.

45. Occhipinti-Ambrogi A., Marchini A., Cantone G., Castelli A., Chimenz C., Cormaci M., Froggia C., Furnari G., Gambi M.C., Giaccone G., Giangrande A., Gravili C., Mastrototaro F., Mazziotti C., Orsi-Relini L., Piraino S., "Alien species along the Italian coasts: an overview", *Biological Invasions*, 13: 215-237, 2011, DOI 10.1007/s10530-010-9803-y.
46. Zenetos A., Gofas S., Verlaque M., Cinar M., Garcia Raso E., Bianchi C.N., Morri C., Azzurro E., Bilecenoglu M., Froggia C., Siokou I., Violanti D., Sfriso A., San Martin G., Giangrande A., Katagan T., Ballesteros E., Ramos-Espla A., Mastrototaro F., Ocana O., Zingone A., Gambi M.C., Strefataris N., "Alien species in the Mediterranean areas of the European union's marine strategy framework directive (MSFD) by 2010. Part I. Spatial distribution", *Mediterranean Marine Science*, 11 (2): 381-493, 2010.
47. Zenetos A., Gofas S., Morri C., Rosso A., Violanti D., Garcia-Raso J.E., Cinar M.E., Almogil-Labin A., Ates A.S., Azzurro E., Ballesteros E., Bianchi C.N., Bilecenoglu M., Gambi M.C., Giangrande A., Gravili C., Hyams-Kaphzan O., Karachle V., Katsanevakis S., Lipej L., Mastrototaro F., Minicur F., Pancucci-Papadopoulou M.A., Ramos Espla A., Salas C., San Martin G., Sfriso A., Strefataris N., Verlaque M. "Alien species in the Mediterranean Sea by 2012. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part 2. Patterns in introduction trends and pathways", *Mediterranean Marine Science*, 13/2: 328-352, 2012.
48. Dappiano M., Gambi M.C., "New data on occurrence of thermophile scleractinia (Cnidaria, Anthozoa) in the Phlaegrean islands (Ischia, Procida, Vivara – Gulf of Naples), with special attention to *Astroides calycularis*. In: Marine Biogeography of the Mediterranean Sea: selected topics", *Biogeographia*, 25: 31-46, 2004.
49. Cigliano M., Cocito S., Gambi M.C. "Epibiosis of *Calpensia nobilis* (Esper) (Bryozoa: Cheilostomida) on *Posidonia oceanica* (L.) Delile rhizomes: effects on borer colonization and morpho-chronological features of the plant", *Aquatic Botany*, 86 (1): 30-36, 2007.
50. Gambi M.C., Terlizzi A., "Record of a large population of *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh (Chlorophyceae) in the Gulf of Salerno (Tyrrhenian Sea, Italy)", *Biologia Marina Mediterranea*, 5(1): 553-556, 1998.
51. Buia M.C., Gambi M.C., Terlizzi A., Mazzella L., *Colonization of Caulerpa racemosa along the southern Italian coasts: Distribution, phenological variability and ecological role*. In: Gravez V., Ruitton S., Boudouresque C.F., Le Direac'h L., Meinesz A., Scabbia G., Verlaque M. (Eds), *4th International Workshop on Caulerpa taxifolia*, GIS Posidonie Publ. Fr., 352-360, 2001.
52. Russo G.F., Balzano R., Carrada G.C., "Prima segnalazione di *Caulerpa taxifolia* ed ulteriori notizie sulla distribuzione di *Caulerpa racemosa* per le coste della Campania (Tirreno Centrale)", *Biologia Marina Mediterranea*, 10(2): 608-610, 2003.
53. Guala I., Flagella M.M., Andreakis N., Procaccini G., Kooistra W.H.C.F., Buia M.C., "Aliens. Algal introduction to European shores. In: Marine biogeography of the Mediterranean Sea: pattern and dynamics of biodiversity", *Biogeographia*, 24: 46-52, 2003.
54. Sordino P., Gambi M.C., "Prime osservazioni sulla biologia riproduttiva e sul ciclo vitale di *Branchiomma luctuosum* (Grube, 1869) (Polychaeta, Sabellidae)", *Oebalia*, suppl. 17: 425-427, 1992.
55. Arias A., Giangrande A., Gambi M.C., Anadon N., "Biology and new records of the invasive species *Branchiomma bairdi* (Annelida: Sabellidae) in the Mediterranean Sea", *Mediterranean Marine Science*, 14(1): 162-171, 2013, <http://dx.doi.org/10.12681/mms.363>.
56. Lorenti M., Buia M.C., Di Martino V., Modigh M., "Occurrence of mucous aggregates and their impact on *Posidonia oceanica* beds", *Science of Total Environment*, 353: 369-379, 2005.

57. Buia M.C., Mazzella L., "Reproductive strategies of the Mediterranean seagrasses: *Posidonia oceanica* (L.) Delile, *Cymodocea nodosa* Ucria (Aschers.) and *Zostera noltii* Hornm", *Aquatic Botany*, 40: 343-362, 1991.
58. Buia M.C., Flagella S., Guala I., Gravina T., Flagella M.M., Cigliano M., "Interannual and decadal variability in *Posidonia oceanica*", *Proceedings 7th International Conference on the Mediterranean Coastal Environment MEDCOAST 05*, Ozhan E. (Ed.) 25-29 October 2005, Kusadasi, Turkey, 407-418, 2005.
59. Feely R.A. et al., "Impact of anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ system in the oceans", *Science*, 305: 362-366, 2004.
60. Petit J.R. et al., "Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica", *Nature*, 399: 429-436, 1999.
61. Pearson P.N., Palmer M.R., "Atmospheric carbon dioxide concentrations over the past 60 million years", *Nature*, 406: 695-699, 2000.
62. Caldeira K., Wickett M.E., "Anthropogenic carbon and ocean pH", *Nature*, 425, 365, 2003.
63. Caldeira K., Wickett M.E. "Ocean model predictions of chemistry changes from carbon dioxide emissions to the atmosphere and ocean", *Journal of Geophysical Research C* 110, C09S04, 2005, doi: 10.1029/2004JC002671.
64. The Royal Society, *Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide*. The Royal Society, London 2005 (<http://www.royalsoc.ac.uk/document.asp?id=3249>).
65. Chiodini G., Avino R., Brombach T., Caliro S., Cardellini C., De Vita S., Frondini F., Marotta E., Ventura G., "Fumarolic and diffuse soil degassing west to Mount Epomeo, Ischia (Italy)", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 133: 291-309, 2004.
66. De Alteriis G., Insinga D.D., Morabito S., Morra V., Chiocchi F.L., Terrasi F., Lubritto C., Di Benedetto C., Pazzanese M., "Age and submarine debris avalanches and tephroradiography off shore Ischia Island. Tyrrhenian Sea, Italy", *Marine Geology*, 2010, doi: 10.1016/j.margeo.2010.08.004.
67. Tedesco D., "Chemical and isotopic investigation of fumarolic gases from Ischia Island (Southern Italy): evidence of magmatic and crustal contribution", *Journal Volcanology and Geothermal Research*, 74: 233-242, 1996.
68. Gambi M.C., Ricevuto E., "Messages in the bubbles". *Il Geosito marino del Castello Aragonese di Ischia (Napoli): relazioni tra geologia e biologia in rapporto al cambiamento climatico*. In: D'Angelo S., Fiorentino A. (a cura di), *Contributi al Meeting Marino 25-26 ottobre 2012. Atti ISPRA*, Roma 2012, 89-96. www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/atti.
69. Zucco C., "Evoluzione urbanistico-territoriale delle isole Flegree (Ischia, Procida e Vivara)". In: Gambi M.C., De Lauro M., Iannuzzi F. (Eds.), "Ambiente marino costiero e territorio delle isole Flegree (Ischia Procida Vivara – Golfo di Napoli). Risultati di uno studio multidisciplinare", *Accademia delle Scienze, Lettere ed Arti Napoli, Memorie Società di Scienze Fisiche e Matematiche* (Liguori Editore, Napoli), 303-395, 2003.
70. Rittmann A., Gottini V., "L'Isola d'Ischia. Geologia". *Bollettino del Servizio Geologico Italiano*, 101: 131-274, 1981.
71. Hall-Spencer J.M., Rodolfo-Metalpa R., Martin S., Ransome E., Fine M., Turner S.M., Rowley S.J., Tedesco D., Buia M.C., "Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification", *Nature*, 454: 96-99, 2008.
72. Kroeker K.J., Micheli F., Gambi M.C., Martz T.R., "Divergent ecosystem responses within a benthic marine community to ocean acidification", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, USA, 2011, DOI 10.1073/pnas.1107789108.

73. Kerrison P., Hall-Spencer J.A.M., Suggett D., Hepburn L.J., Steinke M., "Assessment of pH variability at coastal CO₂ vent for ocean acidification studies", *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 2011, DOI: 10.1016/j.ecss.2011.05025.
74. Hoffmann G.E., Smith J.E., Johnson K.S., Send U., Levin L.A., Micheli F., Paytan A., Price N.N., Peterson B., Takeshita Y., Matson P.G., Derse Crook E., Kroeker K.J., Gambi M.C., Rivest E.B., Frieder C.A., Yu P.C., Martz T.R., "High-frequency dynamics of ocean pH: a multi-ecosystem comparison", *PLoS ONE*, 2011, DOI 10.1371/journal.pone.0028983.
75. Lombardi C., Gambi M.C., Vasapollo C., Taylor P., Cocito S., "Skeletal alterations and polymorphism in a Mediterranean bryozoan at natural CO₂ vents", *Zoomorphology*, 130: 135-145, 2011.
76. Nilsson K.S., Wallberg A., Jondelius U., "New species of Acoela from the Mediterranean, the Red Sea, and the South Pacific", *Zootaxa*, 2867: 1-31, 2011.
77. Porzio L., Buia M.C., Spencer-Hall J.M., Effects of acidification on macroalgal communities", *Journal of the Experimental Marine Biology and Ecology*, 400: 278-287, 2011, doi:10.1016/j.jembe.2011.02.011.
78. Cigliano M., Gambi M.C., Rodolfo-Metalpa R., Patti F.P., Hall-Spencer J.M., "Effects of ocean acidification on invertebrate settlement at natural volcanic CO₂ vents", *Marine Biology*, 157 (11): 2489-2502, 2010.
79. Calosi P., Rastrick S.P.S., Lombardi C., De Guzman H.J., Davidson L., Jahnke M., Giangrande A., Hardege J.D., Schulze A., Spicer J.I., Gambi M.C., "Adaptation and acclimatization to ocean acidification in marine ectotherms: an *in situ* transplant experiment with polychaetes at a shallow CO₂ vent system", *Philosophical Transactions of the Royal Society B*: 368, 20120444, 2013. dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0444.
80. Ricevuto E., Lorenti M., Patti F.P., Scipione M.B., Gambi M.C., "Temporal trends of benthic invertebrate settlement along a gradient of ocean acidification at natural CO₂ vents (Tyrrhenian Sea)", *Biologia Marina Mediterranea* 19(1): 49-52, 2012.
81. Bussotti S., Guidetti P., "Fish communities associated with different seagrass systems in the Mediterranean Sea", *Naturalista Siciliano*, 23 (Suppl.): 145-259, 1999.
82. Kroeker K.J., Gambi M.C., Micheli F., "Altered recovery dynamics result in homogenous assemblages in an acidified ocean", *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 2013, DOI 10.1073/pnas.1216464110.
83. Kroeker K., Micheli F., Gambi M.C., "Ocean acidification causes ecosystem shifts via altered competitive interactions", *Nature Climate Change*, 3: 156-159, 2013, DOI: 10.1038/NClimate1680.
84. Gambi M.C., Donnarumma L., Lombardi C., Cocito S., "*Posidonia oceanica* mimics as an experimental tool to study colonization pattern of seagrass epiphytes. An example along a gradient of water acidification", *Biologia Marina Mediterranea*, 18(1): 252-253, 2011.
85. Rodolfo-Metalpa R., Lombardi C., Cocito S., Hall-Spencer J.M., Gambi M.C., "Effects of ocean acidification and high temperatures on the bryozoan *Myriapora truncata* at natural CO₂ vents", *Marine Ecology*, 31(3): 447-456, 2010.
86. Lombardi C., Cocito S., Gambi M.C., Cisterna B., Flach F., Taylor P.D., Keltie K., Freer A., Cusack M., "Effects of ocean acidification on growth, organic tissue and protein profile of the Mediterranean bryozoan *Myriapora truncata*", *Aquatic Biology*, 13: 251-262, 2011.
87. Lombardi C., Rodolfo-Metalpa R., Cocito S., Gambi M.C., Taylor D., "Structural and geochemical alterations in the Mg calcite bryozoan *Myriapora truncata* under elevated seawater pCO₂ simulating ocean acidification", *Marine Ecology*, 32(2): 211-221, 2011.

88. Rodolfo-Metalpa R., Houlbrèque F., Tambutté É., Boisson F., Baggini C., Patti F.P., Jeffree R., Fine M., Foggo A., Gattuso J.-P., Hall-Spencer J.M., “Coral and mollusc resistance to ocean acidification adversely affected by warming”, *Nature Climate Change* 1, 308-312, 2011, DOI:10.1038/nclimate1200.
89. Hall-Spencer J.M., Rodolfo-Metalpa R., “Loss of Mediterranean marine biodiversity in a high-CO₂ world”, *CIESM Workshop Monographs*, 36: 61-64, 2008.
90. Hall-Spencer J.M., Rodolfo-Metalpa R., *Effects of ocean acidification on Mediterranean coastal habitats: lessons from carbon dioxide vents off Ischia*. In: Stambler N. (Ed.), *Life in the Mediterranean Sea: a look at the habitat changes*, ISBN: 978-1-61209-644-5, Nova Science Pub. Inc., 671-684, 2012.
91. Gambi M.C., Hall-Spencer J.M., Cigliano M., Cocito S., Lombardi C., Lorenti M., Patti F.P., Porzio L., Rodolfo-Metalpa R., Scipione M.B., Buia M.C., “Using volcanic marine CO₂ vents to study the effects of ocean acidification on benthic biota: highlights from Castello Aragonese d'Ischia (Tyrrhenian Sea)”, *Biologia Marina Mediterranea*, 17 (1): 86-88, 2010.
92. Kitidis V., Laverock B., McNeill L.C., Beesley A., Cummings D., Tait K., Osborn M.A., Widdicombe S., “Impact of ocean acidification on benthic and water column ammonia oxidation”, *Geophysical Research Letters*, 38, L21603, 2011, DOI: 10-1029/2011GL049095.
93. Meron D., Buia M.C., Fine M., Banin E., “Changes in Microbial Communities Associated with the Sea Anemone *Anemonia viridis* in a Natural pH Gradient”, *Microbial Ecology*, 2012, DOI 10.1007/s00248-012-0127-6.
94. Dias B.B., Hart M.B., Smart C.W., Hall-Spencer J.M., “Modern seawater acidification: the responses of foraminifera to high-CO₂ conditions in the Mediterranean Sea”, *Journal Geological Society*, 167: 843-846, 2010.
95. Porzio L., Arena C., Patti F.P., Lorenti M., Buia M.C., “An integrated approach to study the effects of chronic water acidification”, *Proceedings of the fourth Mediterranean symposium on marine vegetation*, Hammamet, 2-4 December 2010, El Asmi S., Langar H., Belgacem W. (Eds.), CAR/ASP publ., Tunis 2010, 99-104.
96. Porzio L., Lorenti M., Arena C., Buia M.C., *Risposta fotosintetica di alcune specie macroalgali in ambiente acidificato*. In: Bottarin R., Schirpke U., Tappeiner U. (Eds.), *L'uomo nell'ecosistema: una relazione bilanciata?*, Eurac book, 56: 181-187, 2010.
97. Porzio L., Garrard S.L., Buia M.C., “The effect of ocean acidification on early algal colonization stages at natural CO₂ vents”, *Marine Biology*, 2013, DOI 10.1007/s00227-013-2251-3.
98. Chiarore A., Patti F.P., Buia M.C., “Variabilità morfologica e genetica di *Sargassum vulgare*: studio pilota di una popolazione nell'area acidificata del “Castello Aragonese” (Ischia, Napoli)”, *Biologia Marina Mediterranea*, 19 (1), 57-58, 2012.
99. Martin S., Rodolfo-Metalpa R., Ransome E., Rowley S., Buia M.C., Gattuso J.P., Hall-Spencer J.M., “Effects of naturally acidified seawater on seagrass calcareous epibionts”, *Biology Letters*, 4(6):689-692, 2008.
100. Goodwin C., Rodolfo-Metalpa R., Picton B., Hall-Spencer J.M., “Effects of ocean acidification on sponge communities”, *Marine Ecology*, 2013, DOI. 10.1111/MAEC.12093.