

EMISSIONI SOMMERSE DI CO₂ LUNGO LE COSTE DELL'ISOLA D'ISCHIA:

Rilievi su altre aree come possibili laboratori naturali per lo studio dell'acidificazione e cambiamento climatico a mare

“Bisogna ritornare sui passi già dati, per ripeterli, per tracciarvi a fianco nuovi cammini”

(Josè Saramago)

L'isola d'Ischia è ben nota per le sue risorse ambientali, culturali e paesaggistiche sia a terra che a mare che hanno portato nel 2008 all'istituzione dell'Area Marina Protetta del Regno di Nettuno (Gambi *et al.*, 2003), di diversi Geositi terrestri e marini (Monti, 2011), e di recente all'ipotesi di proporre l'isola come patrimonio mondiale naturale e culturale dell'umanità (Leone e Greco, 2014). Ischia presenta una lunga e ben documentata storia vulcanica; le eruzioni hanno generato differenti rocce basaltiche e numerosi depositi di frane detritiche anche a mare (Chiadini *et al.*, 2004; de Alteriis *et al.*, 2010), che fanno delle coste e dei fondali sommersi dell'isola un “arcipelago” di secche, scogli e faraglioni, canyons, duomi vulcanici, falesie verticali e grotte, di elevata complessità. Ben lo conoscono i pescatori locali, sulla base delle cui indicazioni Gino Cervera pubblica nel 1955 una carta “artigianale” di queste strutture sommerse, ripubblicata di recente da Monti (2011) (Fig. 1). La complessità geo-morfologica dei fondali dell'isola si riflette in una elevata varietà di ambienti con caratteristiche ecologiche molteplici che favoriscono una biodiversità elevata ed una struttura a mosaico di habitat e comunità (Gambi *et al.*, 2003). Nell'isola di Ischia quindi le relazioni tra geologia e biologia sono strette ed imprescindibili per capire le emergenze naturalistiche ed ecologiche marine, incluso il dominio pelagico, fortemente influenzato ad esempio dalla presenza delle testate del canyon di Cuma ed altri canyon nel versante sud dell'isola che favoriscono la presenza di popolazioni cospicue e permanenti di diverse specie di cetacei (Mussi e Miragliuolo, 2003). Il vulcanismo pregresso dell'area si manifesta ancora oggi attraverso una intensa attività idrotermale e fenomeni di emissione gassosa e fumarole presenti in varie parti interne e costiere dell'isola che testimoniano la presenza di cospicui depositi soprattutto di CO₂, che, a causa della ancora intensa attività tettonica dell'isola, sono in una condizione di “degassing” (Pecoraino *et al.*, 2005). Alcune aree di emissione di gas sono presenti anche attorno alle coste dell'isola; le caratteristiche geochimiche ed isotopiche dei gas sono state studiate da diversi autori e sintetizzate da Tedesco (1996), che identifica anche 5 siti costieri superficiali nella parte nord-est ed est dell'isola (Fig. 2) interessati da emissioni (al 95% composte da CO₂ e senza presenza di solfuri tossici): all'interno del porto d'Ischia, in località “porto San Antonio”, al Castello Aragonese, nella costa della Baia di Carta Romana e nella Grotta del Mago (Fig. 2). Le emissioni presso i siti del Castello Aragonese e della Grotta del Mago erano conosciute anche dai ricercatori biologi marini fino dagli anni '70 (come riferito da comunicazioni personali di ricercatori che hanno lavorato in queste aree: Ott J., Pronzato R., Pansini M., Cinelli F., Boudouresque C.-F., Russo G.F.), osservazioni aneddotiche di alcuni di questi colleghi e mie personali indicano anche che nel lato nord del Castello le emissioni erano assenti nei primi anni '80, a testimonianza di quanto variabili nel tempo possono essere questi fenomeni. Si è anche stimato che i “vents” del Castello in particolare potrebbero avere un'età di circa 1900-1800 anni (Lombardi *et al.*, 2011), considerando che scavi pregressi hanno messo in luce nella Baia di Cartaromana (lato sud del Castello Aragonese) un insediamento industriale romano comprendente una fonderia di piombo e una fabbrica di vasellame (Monti, 1980), nonché scavi recenti ed ancora in corso anche aree di attracco, un ninfeo e resti di ville (Benini A., comm. pers.) che indicano probabilmente il luogo della città romana di Aenaria (III sec. AC), che si trovano attualmente a circa 6 metri sotto il livello del mare. Dai reperti sembra che il luogo venne abbandonato molto rapidamente, forse tra il 130-150 (DC) (anche se già Plinio il vecchio parla

This is a detailed historical map of the Campagna area in the Kingdom of Naples, showing the coastline, major towns, and the extensive ruins of the ancient Roman city of Capua. The map includes labels for numerous locations such as Pozzuolo, Stabia, and the Bay of Naples. It also depicts the ruins of the Temple of Apollo and the Temple of Minerva. The map is oriented with North at the top.

The map shows the Gulf of Naples with the following features:

- Island of Ischia:** Labeled on the left, with a stippled texture. Numbered locations 1, 2, 3, 4, 5, and 6 are marked along its coast.
- Island of Procida:** Labeled on the right, with a stippled texture.
- Island of Vivara:** Labeled in the center-right, with a stippled texture.
- Formiche di Vivara:** Labeled near the tip of Vivara, with a compass rose.
- Catena-Pertuso:** Labeled on the right, near the bottom, with a stippled texture.
- Contour Lines:** Labeled with values 10, 20, 30, 40, and 50.
- Scale Bar:** Labeled "1 km" at the bottom right.
- Latitude:** Labeled "40°44'N" on the right side.
- Inset Map:** Located in the top left, showing the location of the Gulf of Naples within Italy.

s.i.b.m. 66/2014

L'attività di emissioni sommerse più cospicua ed appariscente è presente soprattutto al Castello Aragonese che rappresenta anche uno dei Geositi marini (n. 20) dalla Regione Campania (<http://www.isprambiente.gov.it/it/archivio/eventi/anno-2009/geositi>; Monti, 2011; Gambi e Ricevuto, 2012). L'area della Baia del Castello è anche l'unica zona a mare di Ischia sotto tutela archeologica per la presenza appunto degli insediamenti di varie epoche (greca, romana, bizantina, medioevale, aragonese), che però sono in larghissima misura ancora sepolti sotto sedimenti e Posidonia. La presenza di emissioni gassose in questa area viene codificata per la prima volta nell'ambito dello studio pilota per il parco marino (Gambi *et al.*, 2003; Buia *et al.*, 2003), ed alcune misure di pH (effettuate dalla sottoscritta con Taviani M. nel 1997) indicavano nel lato sud già evidenze di acidificazione. Ma è solo successivamente che sul sito viene condotto uno studio mirato (Hall-Spencer *et al.*, 2008) che da l'avvio ad una serie di indagini, ancora oggi in corso, sui vari aspetti floro-faunistici, ecologici, eco-fisiologici e genetici su habitat ed organismi dell'area in rapporto all'acidificazione oceanica ed al cambiamento climatico a mare in generale. Ma a cosa è legata tanta attenzione scientifica sulle emissioni vulcaniche sommerse? L'acidificazione marina rappresenta l'altra faccia del problema dell'immissione di CO₂ in atmosfera e del cambiamento climatico globale, e sta minacciando specie ed ecosistemi, soprattutto quelli costituiti da specie a guscio/scheletro calcareo (es., coralli, barriere coralline). Esiste pertanto una notevole attenzione della comunità scientifica internazionale in questi ultimi anni che si è concretizzata anche in due programmi/consorzi Europei (EPOCA: www.epoca-project.eu/; MedSeA: <http://medsea-project.eu/>), un forum "Ocean acidification" (oaiccproject@gmail.com), nonché nella organizzazione di corsi (e.g., CeMEB Advanced Course a Kristineberg), workshop (e.g., COST-action ES0906 a Vulcano) e Simposi (Symposium on the Ocean in a High-CO₂ World, <http://www.igbp.net/publications/summariesforpolicymakers/>).

I siti caratterizzati da emissioni di CO₂ rappresentano quindi "laboratori naturali" per studiare il problema dell'adattamento di intere comunità ed ecosistemi nonché di singole specie all'acidificazione delle acque, e vere "finestre sul futuro" per osservare nell'attuale i possibili scenari ecologici dei mari sulla base dei valori del pH previsti da alcuni modelli geochimici per il non lontano 2100 (Caldeira e Wickett, 2003).

A seguito della rilevanza dello studio *in situ* del problema dell'acidificazione degli oceani, altri sistemi di "vents", dopo l'area del Castello di Ischia, sono stati portati alla ribalta scientifica internazionale in tempi recentissimi, quali alcuni siti corallini in Papua New Guinea (Fabricius *et al.*, 2011), nelle isole Eolie di Vulcano (Boatta *et al.*, 2012) e Panarea (Vizzini *et al.*, 2010; Goffredo *et al.*, 2014), in Messico (Crook *et al.*, 2012), in Giappone (Inoue *et al.*, 2013), e di recente in Grecia nella località di Methana (Baggini *et al.*, 2014). Da quanto si evince dalla letteratura ad oggi disponibile su questi peculiari ambienti, ogni area di venting possiede una sua "unicità", pur se a volte il gradiente di pH, la chimica dei carbonati o alcuni organismi possono essere simili, un po' come succede per le grotte, le lagune, ed a scala maggiore per le isole. Da qui l'importanza di ciascuna area per poter allargare lo spettro di organismi, habitat e condizioni ecologiche interessate da condizioni "naturali" di acidificazione, ed espandere le nostre conoscenze sugli scenari futuri.

Ad oggi il sito acidificato del Castello è l'area marina ad emissioni di CO₂ più studiata al mondo, con oltre 32 lavori prodotti su diversi aspetti ecologici e biologici delle comunità ed organismi più caratteristici, nonché oggetto di tesi di dottorato e collaborazioni nazionali ed internazionali. Per una sintesi recente su quanto pubblicato sui vents di Ischia ed una loro descrizione generale si rimanda ai diversi lavori il cui elenco è reperibile in Gambi e Ricevuto (2012) e Gambi (2014) (scaricabili sul profilo Research-Gate di Gambi M.C.). Le pubblicazioni, reperibili quasi tutte online, possono comunque essere richieste a Gambi M.C. (gambimc@szn.it).

Sulla base di queste premesse, mi sembrava importante riportare una breve descrizione anche di altri

siti caratterizzati da emissioni attorno ad Ischia, alcuni dei quali riportati da Tedesco (1996) (Fig. 2), ed altre nuove aree che posso rappresentare ulteriori laboratori naturali di studio per il cambiamento climatico e l'acidificazione marina, localizzati alcuni a maggiore profondità, rispetto al sito davvero superficiale (0-3 m) del Castello, e che interessano habitat diversi quali l'ambiente di grotta, coralligeno, fondi di sabbia e ghiaia e Posidonia.

'A Vullatura (La bollitura). Questo sito è erroneamente indicato come “porto S. Antonio” da Tedesco (1996) (Fig. 2), non esiste infatti alcun approdo o porto nell'area, ma il sito di emissione dei gas si trova allineato sulla costa davanti alla “porta” della chiesa di S. Antonio, di fronte alla spiaggia della Mandra. I pescatori ed ormeggiatori locali conoscono la zona ed il fenomeno come “a vullatura” (la bollitura) perchè l'attività di emissione è così intensa che le acque sembrano “ribollire” (Lauro G., comunicazione personale). L'area si trova a circa 150 dalla riva, e a circa 500 m dal lato nord-ovest del Castello Aragonese, allineata sulla stessa linea di faglia che scorre tra il duomo vulcanico del Castello e le coste dell'isola. La zona interessata dalle emissioni è di circa 30 m per 40 m, con una profondità che va da 6 a 3 m. La differenza di profondità è dovuta al fatto che su un fondo di sabbia grossolana a 5-6 m si innalzano ampie zone, creste e pinnacoli di matte di Posidonia, che in alcuni punti è alta oltre 2,5 m. Le emissioni sono più intense e dense (oltre circa 20 colonnine di bolle m²) in aree di radura circondate da Posidonia, con un effetto “muro di bolle” evidente nelle foto in Fig. 3. Le emissioni sono meno dense nelle zone a Posidonia viva e matte morta.

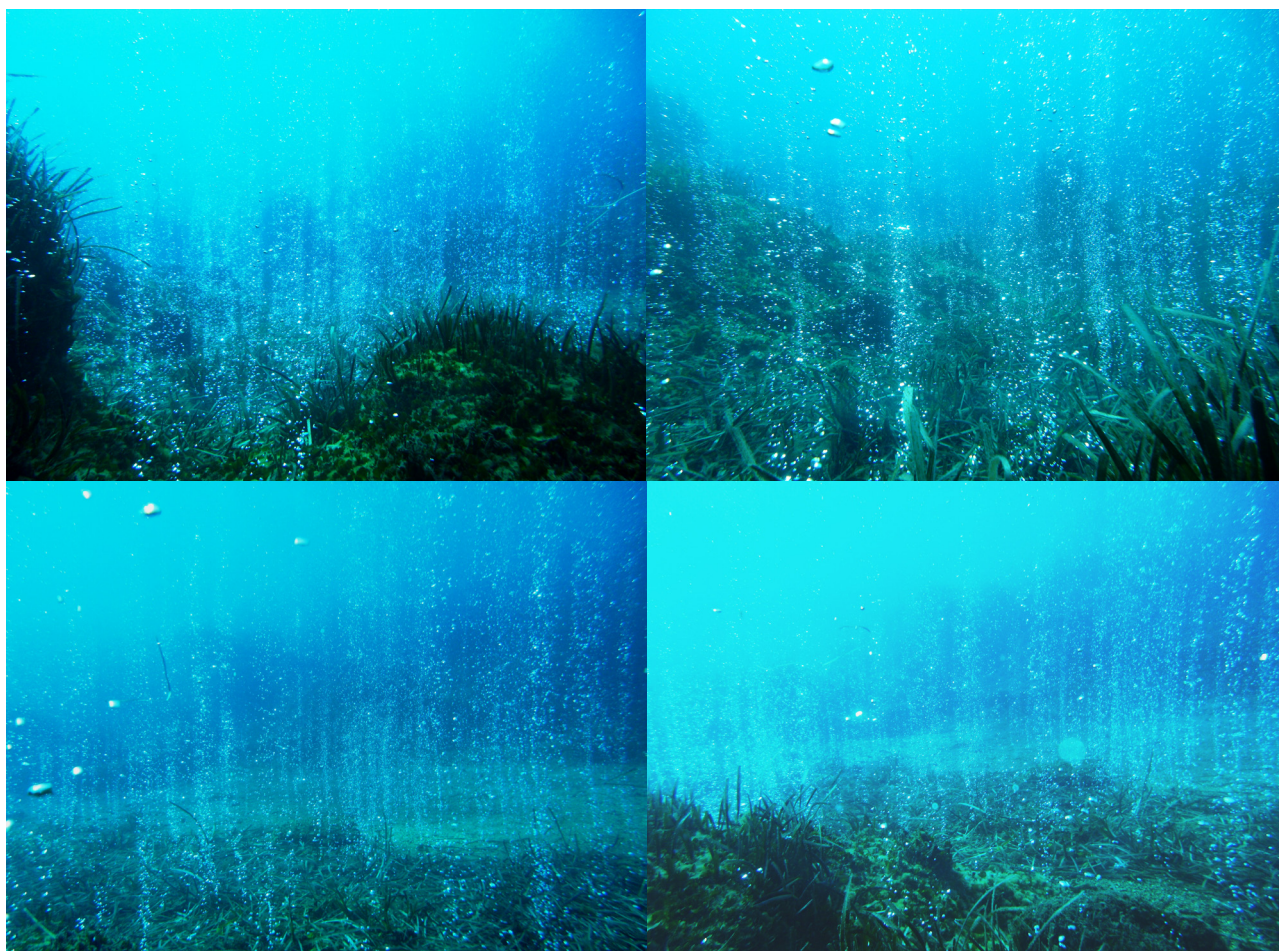


Fig. 3 – Immagini dell'area “A vullatura” (la bollitura) si noti l'effetto “muro di bolle” presente in alcune radure circondate da Posidonia (Foto: Gambi M.C.)

La Posidonia viva ricopre circa il 60% della matte. Nel popolamento delle aree a emissione più intensa, oltre a Posidonia domina l'alga *Flabellia petiolata*, anche nel substrato apparentemente ben esposto alla luce; sono frequenti anche *Codium bursa* e sui rizomi la spugna *Crambe crambe*. Le foglie di Posidonia si presentano prive di epifiti calcarei e piuttosto corte a causa di un evidente overgrazing da parte di pesci. Tuttavia nelle due immersioni effettuate non sono state viste salpe ma densi banchi di *Diplodus sargus*. Fenomeni di overgrazing sulle foglie (*Sarpa salpa*) e mancanza di epifiti calcarei sono osservabili anche nelle aree maggiormente acidificate dei lati nord e sud del Castello (Donnarumma *et al.*, 2014). Una valutazione preliminare del pH ha mostrato valori da 7,49 a 8,03 (media $7,82 \pm 0,19$; $T = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$), evidenziando una certa variabilità ed un discreto livello di acidificazione. L'area è simile alle zone più acidificate del Castello, soprattutto nel lato sud di questo ultimo, dove le emissioni interessano anche la prateria di Posidonia. Lo sviluppo della matte e la densità delle bolle alla "vullatura" sono però maggiori e l'area potrebbe rappresentare un buon sito per replicare esperimenti *in situ* ed altre osservazioni su Posidonia in un'area simile ma spazialmente distante dal Castello.

La Grotta del Mago. La grotta del mago, è una cavità semisommersa, che si apre lungo le coste sud est dell'isola d'Ischia, costituita da una grande camera iniziale (40 m di lunghezza) uno stretto cunicolo di circa 60 m ed una camera finale completamente buia. Il sito rappresenta uno dei primi sistemi di grotta studiati in Italia ed in cui è stato analizzato l'effetto sia del gradiente di luce che di quello idrodinamico (Cinelli *et al.*, 1977). Nel complesso dei lavori svolti (sintetizzati in Gambi *et al.*, 2003) sono state rilevate 353 specie bentoniche, distribuite per l'80% nella camera grande semi-oscure di ingresso (lunga circa 40 m). La grotta testimonia anche il notevole aumento del ricoprimento di una specie termofila, *Astroides calycularis* (Fig. 4), la cui presenza dal 1976 al 2003 è aumentata di un fattore 7,7 probabilmente come conseguenza dell'aumento medio della temperatura superficiale (Dappiano e Gambi, 2004). Sul fondo della camera grande della grotta (6-7 m di profondità) caratterizzato da ghiaia e sabbia grossolana, e scogli e massi sparsi, sono presenti emissioni di CO_2 con densità di bolle stimata inferiore a 10 colonnine per m_2 (Fig. 4). Le emissioni sono anche presenti in una limitata area esterna alla camera di ingresso, ed all'inizio del cunicolo (lungo 60 m), mentre sono assenti procedendo oltre nel cunicolo e nella camera finale della grotta. Prelievi e misure preliminari di pH all'interno della camera grande mostrano valori tra 7,40 e 8,02 (media, $7,73 \pm 0,26$) ($T = 24,8\text{ }^{\circ}\text{C}$) che indicano una certa variabilità del parametro e testimoniano anche valori piuttosto critici di acidificazione. Come indicato prima, le pareti della camera grande sono tuttavia colonizzate da un denso popolamento di *Astroides* (Dappiano e Gambi, 2004). La zona è comunque notevolmente esposta al moto ondoso, come testimoniano evidenti ripple-marks di sedimento sul fondo, e questo elevato ricambio e mescolamento può limitare l'eccessivo abbassamento del pH. Sarebbe interessante un rilievo in continuo (con pH-metri *in situ*) in modo da stimare la variabilità del pH nel tempo visto che l'ambiente è comunque circoscritto, e poter valutare i suoi effetti a lungo termine sia su *Astroides* (un'analisi degli isotopi stabili dei tessuti e mineralogica dello scheletro del madreporario potrebbe dare indicazioni interessanti sugli effetti dell'acidificazione), sia su altre componenti della comunità (es. molto numerose nella camera sono varie specie di spugne) che in questa grotta si presenta già molto semplificata dal punto di vista strutturale/funzionale (Cinelli *et al.*, 1977).

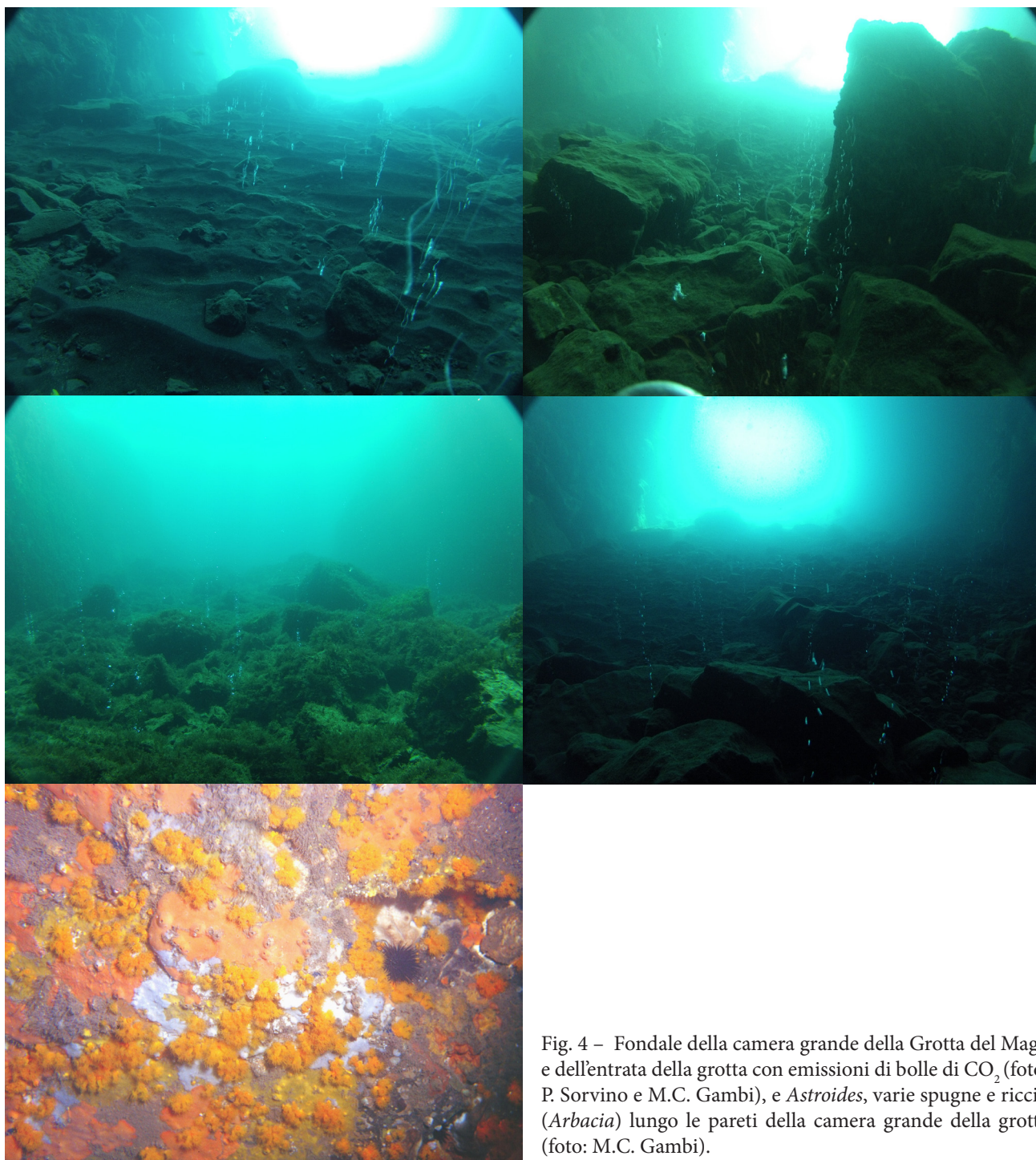


Fig. 4 – Fondale della camera grande della Grotta del Mago e dell'entrata della grotta con emissioni di bolle di CO₂ (foto: P. Sorvino e M.C. Gambi), e *Astroides*, varie spugne e riccio (*Arbacia*) lungo le pareti della camera grande della grotta (foto: M.C. Gambi).

Le “chiane del Lume”. Questo sito rappresenta una di almeno 3 aree di emissione di gas localizzate tra la Baia di Cartaromana e la Grotta del Mago, lungo la costa est dell'isola. In questi siti l'emissione di gas è indicata anche nella carta CARG della Regione Campania (foglio 464, Sbrana e Toccaceli, 2011), ed inoltre la presenza di “bolle” è conosciuta dai pescatori e subacquei locali (Cap. Rando V., Sorvino P., Lauro G., comunicazione personale). La loro presenza è anche rilevabile con l'ecoscandaglio a causa dell'interferenza delle bolle con l'ecoriflesso dello strumento. La zona da me osservata (luglio 2012, settembre 2014) si trova circa 200 m fuori Punta del Lume ed è costituita da un'ampia radura a 10-12

m di profondità larga circa 25 m e lunga circa 50 m circondata quasi interamente da ampie macchie di *Posidonia oceanica* insediata su una matre di circa 50-60 cm (Fig. 5).



Fig. 5 – “Chiane del Lume” (10-12 m) emissioni di CO₂ su radura detritica, Posidonia e rocce (Foto: M.C. Gambi).

Uno dei lati della radura è delimitato da scogli ed un banco roccioso che con un pinnacolo si innalza da 12 a 4 m di profondità. Le emissioni, che fuoriescono dal fondo di ghiaia e lapillo della radura (Fig. 5), sono caratterizzate da bolle molto piccole (effetto...Champagne) ma continue e distribuite in modo regolare e con una densità stimata superiore a 10 colonnine m². L'ambiente e l'effetto sono molto suggestivi. La Posidonia attorno alla radura è colonizzata da numerosi organismi calcarei sia nel manto fogliare (ricoprimenti importanti di Corallinales e presenza di briozoi e spirorbidi) che nei rizomi (briozoi: *Sertella* spp. e *Calpensia nobilis*), ma in zone molto localizzate dove le bolle fuoriescono molto vicine a Posidonia le foglie sono prive di epifiti calcarei. Nella radura sono stati osservati diversi esemplari dei pesci *Dyplodus vulgaris* e *Xyrichtys novacula*. Negli scogli adiacenti alle emissioni è presente un tipico popolamento infralitorale fotofilo e tra le specie “calcificanti”, quelle potenzialmente più vulnerabili alla acidificazione, sono presenti abbondanti coperture dell'alga *Padina pavonica*, e numerose colonie di *Cladocora caespitosa*. Misure preliminari di pH hanno dato valori tra 7,89 ed 8,08 (media 8.02±0,05; T = 24 °C), indicando una debole acidificazione.

Secca la "Madonnina". Questa zona localizzata tra 36 e 48 m di profondità rappresenta un'immersione piuttosto impegnativa in quanto, oltre alla profondità, il sito si trova nel Canale di Ischia (tra le isole di Ischia e Procida) ed è particolarmente interessato da forti correnti. La zona prende il nome dal fatto che una piccola statua di bronzo rappresentante la Madonna è stata posta in un anfratto della parete a 43 m di profondità da un subacqueo locale quale ex-voto (Sorvino P., comunicazione personale). Se quindi sott'acqua dite che avete visto... la Madonna, in questo caso non è ...narcosi da azoto!

La secca, che è costituita di due grandi faraglioni, si trova a 400 m dal complesso di secche detto Catena-Pertuso che è ben segnalato nelle carte batimetriche dell'isola (De Alteriis *et al.*, 2006).

Le emissioni di gas sono sul fondo di sabbia grossolana a 47-48 m di profondità, ad una estremità dei due faraglioni (densità stimata inferiore a 10 colonnine di bolle al m²) e si sviluppano per circa 25 m di lunghezza ed una larghezza di 3-4 m dalle pareti rocciose (Fig. 6). L'ambiente dovrebbe essere quello tipico di coralligeno, data la profondità e come testimonia la presenza di alcuni organismi caratteristici, quali numerosi esemplari di *Centrostephanus longispinus*, *Bonellia viridis*, *Palinurus elephas*, e cospicua presenza di *Verongia cavernosa* in quasi tutti gli anfratti e spaccate dei due faraglioni, e di densi banchi di *Anthias anthias* (Fig. 6 e 8). Tuttavia, ad una visione d'insieme i due faraglioni sembrano spogli (Fig. 7), in particolare sono totalmente assenti le tipiche gorgonie (*Paramuricea*, *Eunicella* spp., *Leptogorgia*, *Savalia*) comuni a queste profondità, briozoi e spugne perforanti, le pareti sia verticali che orizzontali del cappello sono molto poco colonizzate ed il coralligeno risulta poco strutturato con biocostruttori limitati ad alghe coralline incrostanti, con formazioni comunque non cospicue (Fig. 8). L'ambiente descritto risulta molto povero soprattutto se paragonato alle secche attigue (site a soli 400 e 800 m di distanza) del complesso della Catena-Pertuso che, proprio per il regime elevato di corrente che caratterizza il canale di Ischia, presentano habitat e comunità del coralligeno tra le più diversificate, cospicue e spettacolari di Ischia (Gambi *et al.*, 2003), ma che non sono interessate da emissioni di gas).



Fig. 6 - Secca la "Madonnina" (48-36 m) con emissioni di bolle di CO₂ sul fondo si noti la mancanza di gorgonie e la presenza di *Anthias anthias* (foto: P. Sorvino).



Fig. 7 – Immagini panoramiche dei faraglioni alla secca della “Madonnina” (48-36 m). Si noti l’aspetto spoglio delle pareti orizzontali (cappello) e verticali del substrato e la totale assenza di gorgonie ad altri biocostruttori cospicui e tipici del coralligeno (foto: P. Sorvino).

Entrambe queste secche sono state infatti inserite nell’area A di riserva integrale dell’APM di Ischia (Regno di Nettuno). Tuttavia, più in generale lungo le falesie rocciose di Ischia o altre secche al largo, i popolamenti coralligeni sono sempre ben sviluppati. Risulta pertanto spontaneo ipotizzare che l’impoverimento notevole osservato in questa zona sia dovuto all’effetto negativo delle emissioni per insediamento e crescita di molti degli organismi tipici del coralligeno soprattutto biocostruttori calcificanti (es., gorgonie, briozoi, alcune corallinacee ecc.). Alcune misure effettuate hanno fatto registrare valori piuttosto bassi ed inaspettati di pH tra 7,38 e 7,47, che sono decisamente valori critici.

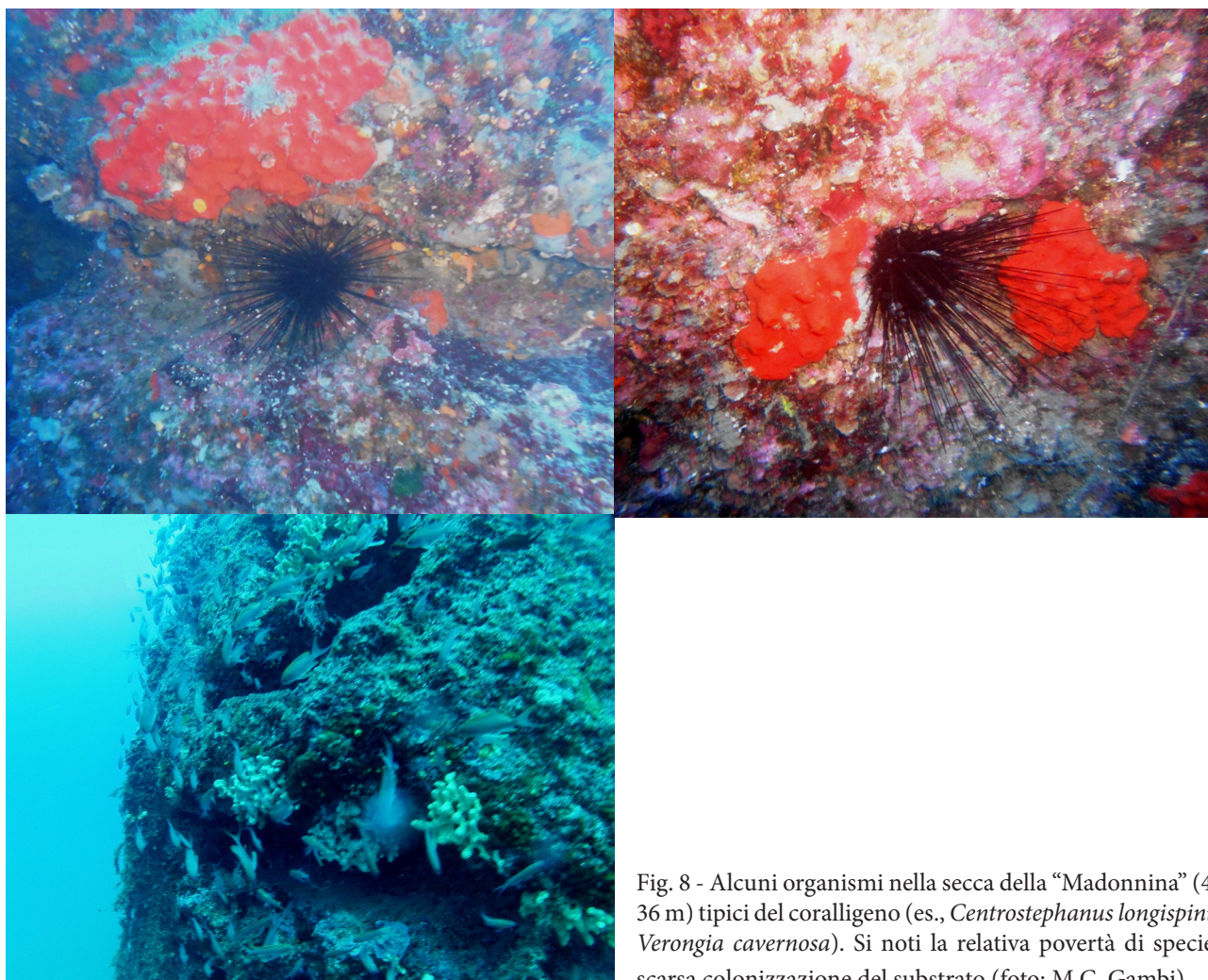


Fig. 8 - Alcuni organismi nella secca della “Madonnina” (48-36 m) tipici del coralligeno (es., *Centrostephanus longispinus*, *Verongia cavernosa*). Si noti la relativa povertà di specie e scarsa colonizzazione del substrato (foto: M.C. Gambi).

È molto probabile che, data la profondità sempre al di sotto del termoclino stagionale (ad Ischia localizzato tra 15-20 di profondità), la stratificazione superficiale limiti il mescolamento della colonna d'acqua e conseguente accumulo dei gas emessi nella zona profonda. Anche in questo sito, sarebbe molto interessante una verifica della variabilità del pH nel tempo. Inoltre la sommità della secca, con una profondità relativamente accessibile di 36 m si potrebbe prestare per possibili esperimenti di trapianto *in situ* di organismi target del coralligeno (es., corallinacee, gorgonie e briozoi).

In conclusione, l'isola d'Ischia, anche dal punto di vista delle emissioni gassose di CO₂, conferma la sua complessità e varietà di situazioni di cui quella rilevata da tempo al Castello Aragonese sembra la... punta dell'iceberg. Vorrei menzionare inoltre che il Golfo di Napoli presenta anche altre aree di emissioni non lontane da Ischia, quali una zona presso la Calata Trentaremi, attigua al Parco della Gaiola (Capo Posillipo; Simeone M. com. personale) o la più nota secca Fumosa all'interno del parco archeologico di Baia-Pozzuoli (<https://www.youtube.com/watch?v=EjAGpLJOUzo>), quest'ultima interessata anche da emissione di solfuri ed attività idrotermale, come testimoniato dall'intensa attività batterica associata agli hot-spring sulfurei (Maugeri *et al.*, 2010). Tali zone meriterebbero ulteriori approfondimenti in rapporto alla variazione del pH e a studi sull'acidificazione marina.

Ho voluto brevemente illustrare alcuni di questi ulteriori sistemi attorno ad Ischia ai biologi marini Italiani, non solo per ampliare lo spettro di organismi ed habitat che potrebbero essere studiati in

questi laboratori naturali, e dimostrare quanto la conoscenza anche dei pescatori e subacquei locali sia preziosa, ma anche per un altro motivo... Come in modo più illustre di me si preoccupava uno studioso antesignano della biologia marina in Italia, Raffaele Issel nella prefazione della sua *Biologia Marina* già nel 1918 (Relini, 2000): *“Un'altra circostanza mi ha spronato a pubblicare. Poco prima della guerra il barone tedesco von Mümm stabilitosi al castello di San Giorgio a Portofino, stipendiava uno zoologo di Francoforte, onde preparare un libro, riccamente illustrato, sulla fauna marina locale. A me, che da qualche anno andavo frugando nella scogliera Ligure, rincresceva di lasciarmi prevenire da uno straniero.”* Anche io ...andavo e vado ancora frugando da qualche anno nelle acque di Ischia... e quindi capisco molto bene il buon Raffaele Issel; purtroppo sulla mia pelle e con grande rammarico ho visto anche io ...stranieri (e non) escludermi e quindi precedermi, credo in modo immeritato ed ingrato...spero che, anche grazie a questo articolo, ciò non possa succedere mai più e non solo per me.

Ringraziamenti

Il mio ringraziamento va *in primis* a Pietro Sorvino (ANS diving ischia) che mi ha portato a conoscenza ed accompagnato nelle immersioni alle emissioni della secca della “Madonnina” e delle “chiane del Lume”, e per le riprese video, foto e prelievi di campioni di acqua. Ringrazio la Dr.ssa Emanuela Di Meglio (che quando è entrata in tesi con me non aveva mai messo la maschera subacquea!) per il supporto in immersione e nei prelievi di acqua. Vorrei anche ringraziare Giulio Lauro per avermi accompagnato sulla “vullatura” alla spiaggia della Mandra. Si ringraziano anche il Cap. Vincenzo Rando e Bruno Iacono (SZN a Villa Dohrn) per le utili informazioni sulle “chiane del Lume” e le aree limitrofe e l’assistenza cartografica.

Colgo l’occasione per ringraziare alcune colleghe/i con cui ho collaborato in questi anni nello studio *in situ* dell’acidificazione oceanica perchè con la loro stima e vicinanza (non solo professionale) mi hanno aiutato a superare un periodo critico della mia vita lavorativa e personale, a ritrovare stimoli intellettuali, fiducia, credere ancora nell’etica del lavoro, e a riscattarmi: ad Adriana, Silvia, Chiara, Fiorenza, Kristy, Titti, Lucilla, e Piero, grazie!

Abstract

Recent studies forecast a dramatic increase of partial pressure of CO₂ at the ocean surface within the current century, as a consequence of the increasing atmospheric CO₂ concentrations, with a resulting increase of surface water temperature and fast occurrence of ocean acidification (OA). To date, all the experiments conducted *in situ* to detect possible consequences of anthropogenic CO₂ on marine ecosystems, have been performed in unique systems such as the volcanic CO₂ vents in various part of the world. Such systems therefore represent “natural laboratories” to study and forecast the long-term effects of OA and climate change in general on the benthic biota. One of these systems, up to date the best known in the world, is the shallow water (0-3 m depth) system of Castello Aragonese of Ischia (Gulf of Naples, Italy), with up to 32 ISI papers published. However, the island of Ischia is hosting several other systems of CO₂ venting, in addition to the Castello. In this article some of these systems are shortly and generally described to outline the diversity of depths, habitat and possible robust or sensible organisms that could be used for future *in situ* studies on OA and climate change. Four sites have been described all on the east and north east coast of Ischia: the “vullatura” (“boiling water”) is a shallow (3-6 m depth) system not far from the Castello setting (500 m north-west) and is characterized by very intense venting on a coarse-sand and gravel bottoms surrounded by living *Posidonia oceanica* and dead *Posidonia matte*. The “Mago”’s Cave is a semi-submerged cave whose entrance in a big chamber is characterized by venting at 6-7 m depth. The “chiane del Lume” is an area characterized by dense and finely sparkling vents on a gravel bottom surrounded by *Posidonia meadows* and rocky reefs at 10-12 m depth. Finally the rocky bank the “Madonnina” is a deep system (36 to 48 m depth) where CO₂ is bubbling from a sandy bottom surrounding two massive rocks with coralligenous habitat. The coralligenous is poorly structured and all the typical large sessile filter feeder organisms, many of which are calcifiers (gorgonians, bryozoans, coralline algae, boring sponges) are missing. A preliminary evaluation of the pH values in all sites described indicates both a relatively high variability of this factor, but also in some cases critical values of acidification.

Bibliografia essenziale citata

BAGGINI C., SALOMIDI M., VOUTSINAS E., BRAY L., KRASAKOPOULOU E., HALL-SPENCER J.M. (2014) - Seasonality affects macroalgal community response to increases in pCO₂. *PLoS One*. DOI: 10.1371/journal.pone.0106520

BOATTA F., D'ALESSANDRO W., GAGLIANO A.L., LIOTTA M., MILAZZO M., RODOLFO-METALPA R., HALL-SPENCER J.M., F. PARELLO F. (2013) - Geochemical survey of Levante Bay, Vulcano Island (Italy), a natural laboratory for the study of ocean acidification. *Mar. Poll. Bull.*, **3** (2): 485-94.

BUIA M.C., GAMBI M.C., LORENTI M., DAPPIANO M., ZUPO V. (2003) - Aggiornamento sulla distribuzione e sullo stato ambientale dei sistemi a fanerogame marine (*Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*) delle isole Flegree. In: Gambi M.C., De Lauro M., Jannuzzi F. (eds), Ambiente marino costiero e territorio delle isole Flegree (Ischia Procida Vivara - Golfo di Napoli). Risultati di uno studio multidisciplinare *Acc. Sc. Lett. Arti Napoli, Mem. Soc. Sc. Fis. Mat.*, **5**: 163-186.

CALDEIRA K., WICKETT M.E. (2003) - Anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature*, **425**: 365.

CHIODINI G., AVINO R., BROMBACH T., CALIRO S., CARDELLINI C., DE VITA S., FRONDINI F., MAROTTA E., VENTURA G. (2004) - Fumarolic and diffuse soil degassing west to Mount Epomeo, Ischia (Italy). *J. Vulcan. Geother. Res.*, **133**: 291-309.

CROOK E.D., POTTS D., REBOLLEDO-VIEYRA M., HERNANDEZ L., PAYTAN A. (2012) - Calcifying coral abundance near low-pH springs: implications for future ocean acidification. *Coral Reefs*, **31**: 239-245.

CINELLI F., FRESI E., MAZZELLA L., PANSINI M., PRONZATO R., SVOBODA A. (1977) - Distribution of benthic phyto- and zoocoenoses along a light gradient in a superficial marine cave. In: Keegan B.F., O'Ceidig P.O., Boaden, P.J.S. (eds), *Biology of Benthic organisms*. Pergamon Press, Oxford: 173-183.

DAPPIANO M., GAMBI M.C. (2004) - New data on occurrence of the 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: patterns and dynamics of biodiversity. Part II. *Biogeographia*, **25**: 31- 46.

DONNARUMMA L., LOMBARDI C., COCITO S., GAMBI M.C. (2014) - Settlement pattern of *Posidonia oceanica* epibionts along a gradient of ocean acidification: an approach with mimics. *Mediterr. Mar. Sci.* DOI. 10.12681/mms.677

DE ALTERIIS G., TONIELLI R., PASSARO S., DE LAURO M. (2006) - Isole Flegree (Ischia e Procida). Serie batimetrica dei fondali della Campania con carta allegata 1:30.000. Liguori Editore, Napoli: 73 pp.

DE ALTERIIS G., INSINGA D.D., MORABITO S., MORRA V., CHIOCCHI F.L., TERRASI F., LUBRITTO C., DI BENEDETTO C., PAZZANESE M. (2010) - Age and submarine debris avalanches and tephrostratigraphy off shore Ischia Island, Tyrrhenian Sea, Italy. *Mar. Geol.*, **277** (1-4): 48-60.

FABRICIUS K.E., LANGDON C., UTHICKE S., HUMPHREY C., NOONAN S., DE'ATH G., OKAZAKI R., MUEHLLEHNER N., GLAS M.S., LOUGH J.M. (2011) - Losers and winners in coral reefs acclimatized to elevated carbon dioxide concentrations. *Nature Clim. Change*, **1**: 165-169.

GAMBI M.C., DE LAURO M., JANNUZZI F. (eds) (2003) - Ambiente marino costiero e territorio delle isole Flegree (Ischia Procida Vivara - Golfo di Napoli). Risultati di uno studio multidisciplinare. *Soc. Naz. Scienze, Lettere ed Arti in Napoli, Mem. Accademia Sci. Fisic. Matem.*, **5**: 425 pp.

GAMBI M.C., RICEVUTO E. (2012) - "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. (eds), Contributi al Meeting Marino 25-26 ottobre 2012. Atti ISPRA, Roma: 89-96. www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/atti

GAMBI M.C. (2014) - L'isola d'Ischia: un osservatorio speciale per lo studio del cambiamento climatico globale a mare. In: Leone U., P. Greco (eds), Ischia Patrimonio dell'Umanità. Natura e cultura. DoppiaVoce Editore, Napoli: 71-97.

GOFFREDO S., PRADA F., CAROSELLI E., CAPACCIONI B., ZACCANTI F., FANTAZZINI P., FERMANI S., REGGI M., LEVY O., FABRICIUS K.E., DUBINSKY Z., FALINI G. (2014) - Biomineralization control related to population density under ocean acidification. *Nature Clim. Change*, **4**: 293-297.

HALL-SPENCER J.M., RODOLFO-METALPA R., MARTIN S., RANSOME E., FINE M., TURNER S.M., ROWLEY S.J., TEDESCO D., BUIA M.C. (2008) - Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification. *Nature*, **454**: 96-99.

INOUE S., KAYANNE H., YAMAMOTO S., KURIHARA H. (2013) - Spatial community shift from hard to soft corals in acidified water. *Nature Clim. Change*, **3**: 683-687.

LEONE U., GRECO P. (eds) (2014) - Ischia Patrimonio dell'Umanità. Natura e cultura. Doppiovoce Editore, Napoli. Prima edizione 2014. ISBN 978-88-89972-44-1: 215 pp.

LOMBARDI C., GAMBI M.C., VASAPOLLO C., TAYLOR P., COCITO S. (2011) - Skeletal alterations and polymorphism in a Mediterranean bryozoan at natural CO₂ vents. *Zoomorphology*, **130**: 135-145.

MAUGERI T. L., BIANCONI G., CANGANELLA F., DANOVARO R., GUGLIANDOLO C., ITALIANO F., LENTINI V., MANINI E., NICOLAUS B. (2010) - Shallow hydrothermal vents in the southern Tyrrhenian Sea. *Chem. and Ecol.*, **26** (Suppl. 1): 285-298.

MONTI P. (1980) - Ischia, archeologia e storia. F.lli Porzio, Napoli Ed.

MONTI L. (2011) - Isola d'Ischia. Guida geologico-ambientale. Regione Campania. Assessorato Difesa del Suolo. Litografia Artistica Cartografica. Firenze: 356 pp.

MUSSI B., MIRAGLIUOLO A. (2013) - I cetacei della costa nord-occidentale dell'isola d'Ischia (canyon di Cuma). In: Gambi M.C., De Lauro M., Jannuzzi F. (eds) 2003. Ambiente marino costiero e territorio delle isole Flegree (Ischia Procida Vivara - Golfo di Napoli). Risultati di uno studio multidisciplinare. *Soc. Naz. Scienze, Lettere ed Arti in Napoli, Mem. Accademia Sci. Fisic. Matem.*, **5**: 213-232.

PECORAINO G., BRUSCA L., D'ALESSANDRO W., GIAMMARCO S., INGUACCHIATO S., LONGO M. (2005) - Total CO₂ output from Ischia Island volcano (Italy). *Geochem. Journ.*, **39**: 451-458.

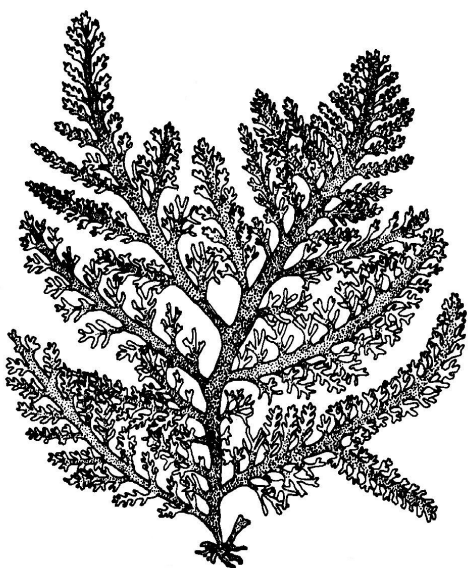
RELINI G. (2000) - La Biologia Marina in Italia. *Biol. Mar. Mediterr.*, **7** (1): 28-77.

SBRANA A., TOCCACELI R.M. (eds) (2011) - Carta Geologica della Regione Campania. Foglio 464 Isola di Ischia. Regione Campania Assessorato difesa del suolo. Litografia Artistica Cartografia, Firenze: 216 pp + carta 1.10.000

TEDESCO D. (1996) - Chemical and isotopic investigation of fumarolic gases from Ischia Island (Southern Italy): evidence of magmatic and crustal contribution. *J. Vulcanol. Geother. Res.*, **74**: 233-242.

VIZZINI S., TOMASELLO A., DI MAIDA G., PIRROTTA M., MAZZOLA A., CALVO S. (2010) - Effect of explosive shallow hydrothermal vents on $\delta^{13}\text{C}$ and growth performance in the seagrass *Posidonia oceanica*. *J Ecol.*, **98** (6): 1284-1291.

Maria Cristina GAMBI
Stazione Zoologica Anton Dohrn
Laboratorio di ecologia del benthos
Villa Dohrn
Ischia (Napoli)



(FAO FishFinder)