



OPERAZIONE MARE CALDO

Il cambiamento climatico minaccia i nostri mari

GREENPEACE



Il presente rapporto è stato sviluppato in collaborazione con il DiSTAV (Dipartimento di Scienze della Terra dell' Ambiente e della Vita) dell'Università degli Studi di Genova.

Introduzione

Gli impatti dei cambiamenti climatici sugli oceani iniziano a essere evidenti e, anche se sono necessari ulteriori studi per arrivare a capire con certezza quali saranno le conseguenze per il nostro “pianeta blu”, la comunità scientifica è concorde nel lanciare l’allarme: i nostri oceani sono fortemente minacciati, e se non interveniamo subito tagliando le emissioni e tutelandone le aree più sensibili, rischiamo di perdere uno dei nostri migliori alleati contro la crisi climatica.

I mari del pianeta svolgono un ruolo cruciale per il nostro pianeta, grazie alla loro capacità di sequestrare anidride carbonica dall’atmosfera: si stima che tra il 20 e il 30% delle emissioni totali di CO₂ generate dalle attività umane dal 1980 siano state catturate dagli oceani (1). Allo stesso tempo svolgono un ruolo centrale nella regolazione della temperatura terrestre attraverso la capacità di assorbire e trasportare grandi quantità di calore, agendo quindi da regolatori del clima. Si stima che gli oceani abbiano assorbito circa il 93% del calore dovuto all’aumento di gas serra in atmosfera (1).

Ma i delicati e complessi equilibri del mare sono messi a rischio proprio dall’aumento dei gas serra e i conseguenti cambiamenti climatici, che stanno causando progressivamente in tutti gli oceani del pianeta modifiche radicali – ad esempio in termini di aumento delle temperature, acidificazione e riduzione dell’ossigeno disciolto, con conseguenze sulla biodiversità marina e non solo. Il gravissimo fenomeno dello scioglimento dei ghiacci e dell’aumento dei livelli del mare (in parte dovuto anche all’espansione delle masse d’acqua causato dall’aumento di temperature) sta mettendo in crisi interi ecosistemi e minacciando la vita di migliaia di persone, che popolano le zone costiere. Si stima che 800 milioni di persone che vivono in oltre 570 città costiere siano vulnerabili a un innalzamento del livello del mare che al 2050 potrebbe raggiungere 0,5 metri (1). Inoltre, mari più caldi contribuiscono a generare anche fenomeni climatici estremi: una temperatura più elevata dell’acqua superficiale alimenta temporali più violenti, facendo aumentare i danni causati dai cicloni e dalle tempeste (ai Tropici come nel Mediterraneo).

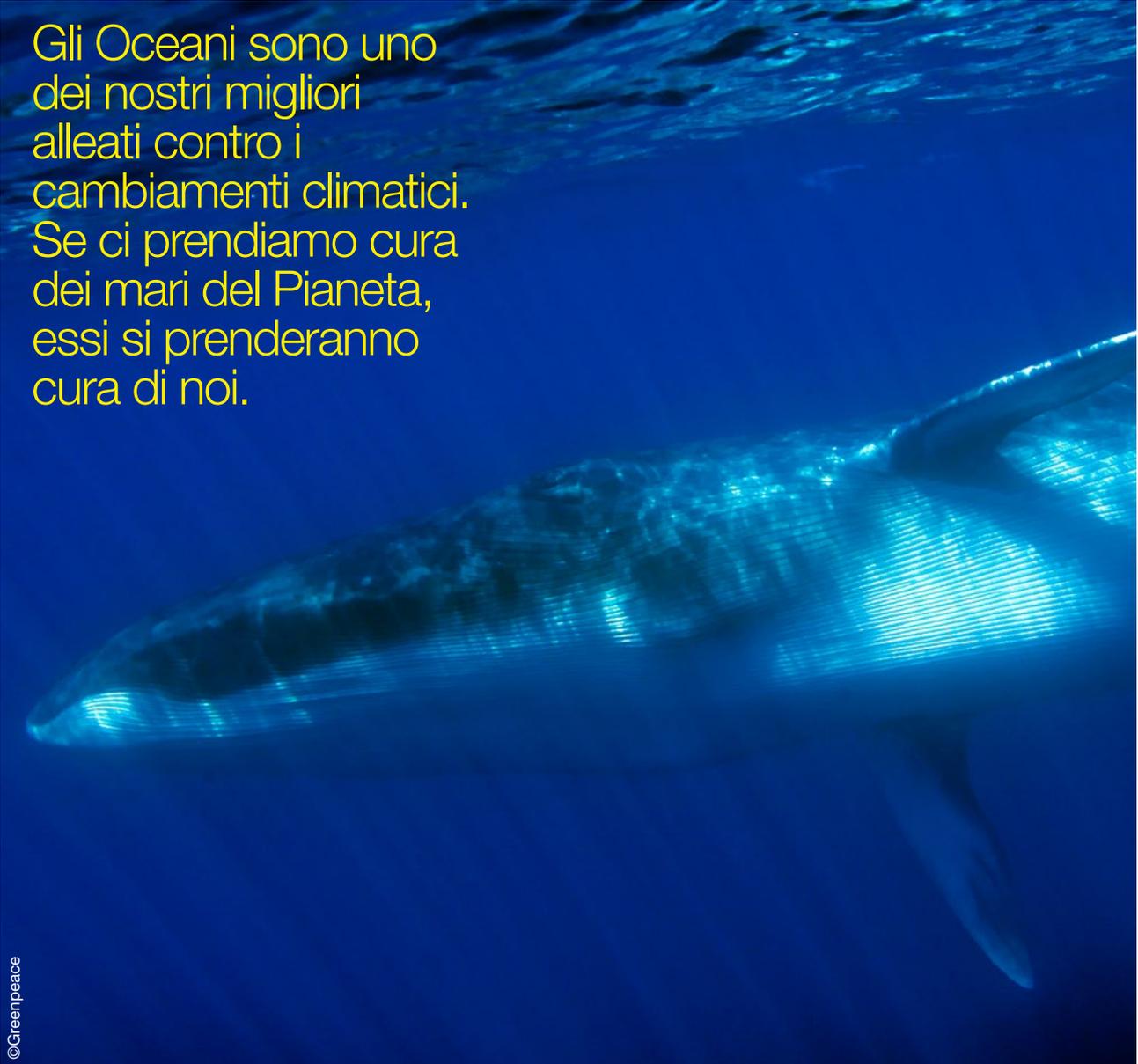


©Lorenzo Moscia/Greenpeace

A documentarlo è la comunità scientifica a livello mondiale. Due recenti rapporti delle Nazioni Unite (2), uno specifico sugli impatti dei cambiamenti climatici sul mare e la criosfera, e uno sulla biodiversità, sottolineano come vi sia uno stretto e complesso legame tra i cambiamenti climatici e gli oceani. Gli esperti spiegano che l'aumento dei gas serra sta amplificando gli impatti delle attività umane, con una perdita di biodiversità senza precedenti, tra cui il 33% delle specie delle scogliere coralline e oltre un terzo di tutti i mammiferi marini. Ciò interferisce con la capacità di fornire servizi "ecosistemici" fondamentali: dalla produzione di cibo per migliaia di persone all'efficacia nell'assorbire l'eccesso di CO₂ che immettiamo nell'atmosfera.

Sono necessarie azioni urgenti e coordinate: i governi devono mettere in atto piani energetici in linea con l'o-

biiettivo di mantenere l'aumento delle temperature terrestri entro 1,5 °C per evitare conseguenze ben peggiori, e allo stesso tempo devono tutelare le aree più sensibili dei nostri oceani, per permettere loro di adattarsi e sopravvivere a un futuro incerto. La comunità scientifica è concorde nel dire che per salvare gli oceani dobbiamo assicurarci di mantenerli in "salute" aumentando la loro resilienza, ovvero la loro capacità di reagire e adattarsi ai cambiamenti in atto. Un sistema già fortemente compromesso da impatti antropici, come la pesca eccessiva o l'inquinamento, difficilmente riuscirà a far fronte alla crisi del nostro Pianeta. Per farlo è necessario sviluppare entro il 2030 una rete di Santuari marini, aree libere da ogni attività umana, che copra il 30% della superficie degli oceani, tutelando le aree di particolare importanza in termini di biodiversità e assorbimento di CO₂ (3).



Gli Oceani sono uno dei nostri migliori alleati contro i cambiamenti climatici. Se ci prendiamo cura dei mari del Pianeta, essi si prenderanno cura di noi.

Uno sguardo al Mediterraneo e ai mari italiani¹

I mari e gli oceani svolgono un ruolo centrale nella regolazione del clima terrestre attraverso la capacità di assorbire e trasportare grandi quantità di calore, agendo quindi da tamponi energetici. Lo scambio termico con l'atmosfera è il principale responsabile delle variazioni di temperatura su larga scala nei primi metri d'acqua; tuttavia, diversi studi iniziano ad evidenziare come anche la temperatura degli strati più profondi e il termoclino siano influenzati dal cambiamento climatico (4).

Tali cambiamenti sono particolarmente evidenti nel Mar Mediterraneo: a causa della sua natura di bacino semi-chiuso e del relativamente breve tempo di residenza delle sue masse d'acqua all'interno del bacino stesso, è infatti particolarmente soggetto al fenomeno del riscaldamento delle acque, tanto da collocarsi tra le regioni del mondo dove i

tassi di riscaldamento sono più elevati. Il programma di monitoraggio coordinato e diretto dalla Commissione Europea (CMEMS, *Copernicus Marine Environment Monitoring Service*), basandosi su un'ampia gamma di dati satellitari della NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) e di rilevamenti *in situ*, ha stimato un innalzamento medio annuo della temperatura superficiale dell'acqua di 0,04°C dal 1993 al 2017 (4). I mari Italiani hanno registrato il medesimo trend d'innalzamento medio delle temperature del mare dal 1965 al 2015 (Figura 1) (5), portando quindi ad un aumento di circa 2°C negli ultimi 50 anni.

L'aumento del tasso di evaporazione, la riduzione delle precipitazioni e il ridotto apporto dei fiumi, osservati in Mar Mediterraneo negli ultimi anni, ne hanno modificato l'idrografia; ciononostante, dal 1993 al 2017, si è registrato un innalzamento medio annuo del livello del mare di 2,4 millimetri a causa del riscaldamento globale (4).

Il Mar Ligure, che è la regione più a nord e quindi più fredda del Mar Mediterraneo, ha registrato un aumento delle

Figura 1. Trend dei valori medi annui (a) della temperatura della superficie del mare (SST, Sea Surface Temperature, da dati satellitari della NOAA) e variabilità mensile (b) nei mari italiani (1965-2015) (5).

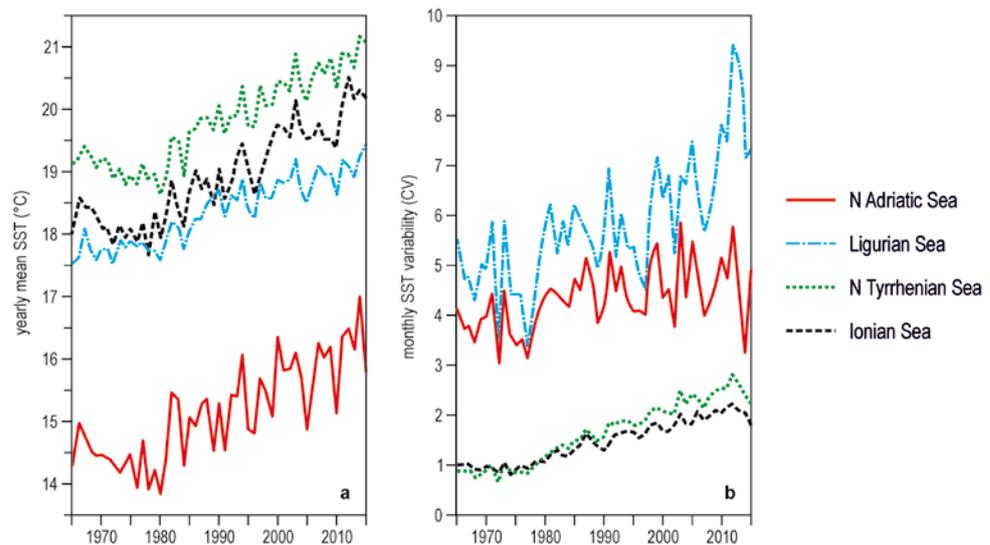
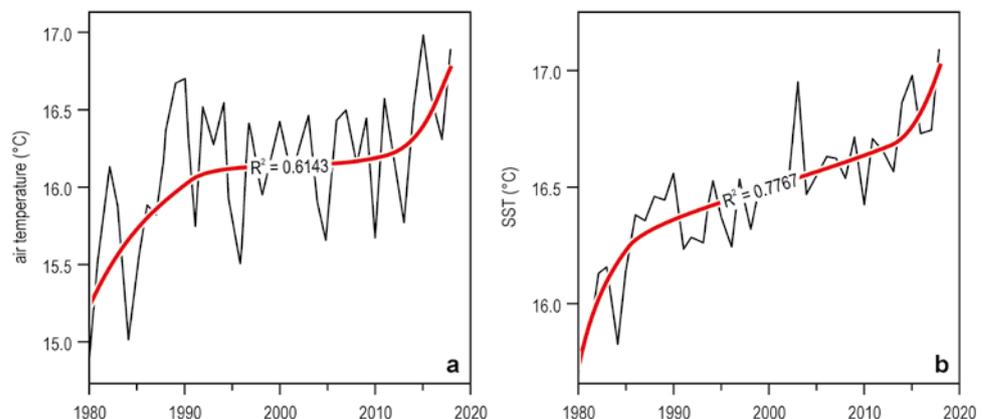


Figura 2. Trend dei valori medi annui di temperatura dell'aria (a) (misurati presso l'osservatorio universitario di Genova) e (b) della superficie del mare (SST, Sea Surface Temperature, da dati satellitari della NOAA) dal 1980 al 2018 in Mar Ligure (6).



¹ A cura di Monica Montefalcone, Annalisa Azzola, Carla Morri, Carlo Nike Bianchi del DiSTAV (Dipartimento di Scienze della Terra dell'Ambiente e della Vita) dell'Università degli Studi di Genova.

temperature dell'aria e della superficie del mare di circa mezzo grado rispetto agli anni '70 (Figura 2). In particolare, tra gennaio 1958 e dicembre 2010, sono stati raccolti dati di temperatura al largo di Villefranche-sur-Mer ogni due settimane a diverse profondità: 0 metri, 10 metri, 20 metri, 30 metri, 50 metri, e 75 metri. L'analisi dei dati ha mostrato un aumento della temperatura dell'acqua a tutte le profondità; a 75 metri l'aumento è apparso continuo e graduale, mentre alle minori profondità le variazioni hanno mostrato tre fasi principali: i) una fase relativamente fredda dalla fine degli anni '60 ai primi anni '80; ii) una fase di rapido riscaldamento nella seconda metà degli anni '80; iii) una fase calda e stabile dagli anni '90 (Figura 2) (6). Durante queste ultime due fasi, inoltre, si è verificato un evento climatico, definito *Eastern Mediterranean Transient* (EMT), caratterizzato da un significativo aumento di salinità e temperatura nelle acque intermedie e profonde del Mediterraneo orientale, con un conseguente aumento della temperatura dell'acqua in tutto il bacino. Gli effetti di questo fenomeno sono stati osservati soprattutto nei Mari di Levante e Ionio, ma le conseguenze si sono estese a tutti i bacini adiacenti fino a raggiungere il Mediterraneo occidentale (7).

Dati più recenti di temperatura, sia dell'aria (ottenuti dall'Osservatorio Meteorologico di Genova) sia della superficie del mare (ottenuti da dati satellitari della NOAA), evidenziano un aumento di mezzo grado nell'ultimo decennio: dal 2014 al 2018 sono stati rilevati i più alti valori di temperature mai registrati che identificano una nuova fase di rapido riscaldamento a partire dal 2010 (6).

Nel Mar Tirreno sono state effettuate analisi della temperatura dell'acqua fino a 50 metri di profondità integrando i profili di temperatura contenuti nel database MEDAR/MEDATLAS con i dati della *World Ocean Database 2013* (WOD13) e della *Mediterranean Forecasting System-Voluntary Observing Ship Program* (MFS-VOS). Confrontando le temperature medie annue dal 1945 al 1982 con quelle dal 1983 al 2011 si è osservato un aumento significativo delle temperature nei mesi di luglio, agosto, settembre, ottobre e novembre, in particolare dai 30 metri fino alla superficie (8).

In tutto il Mar Mediterraneo, a seguito di questi aumenti di temperatura, le isoterme superficiali di febbraio (il mese più freddo dell'anno) si sono spostate verso nord, causando inverni più caldi (Figura 3) (6,9).

Conseguenza diretta dei cambiamenti climatici è l'aumentata frequenza di periodi prolungati d'innalzamento delle temperature, definiti "ondate di calore". Nel 2017, il 99,6% della superficie del Mar Mediterraneo è stata colpita da questo fenomeno. L'analisi delle temperature della superficie del mare condotta dalla CMEMS in Mediterraneo ha rivelato in tutte le regioni esaminate una tendenza all'aumento della durata annuale delle ondate di calore marino a partire dal 1982, correlate al riscaldamento globale (4).

Effetti del cambiamento climatico sugli ecosistemi marini²

Il cambiamento climatico, con il conseguente e repentino aumento della temperatura dell'acqua, sta influenzando gli ecosistemi marini attraverso una combinazione di effetti diretti sugli organismi (riproduzione, tassi di crescita, sopravvivenza, ecc.) e di effetti indiretti, mediati da interazioni tra le specie (predazione, parassitismo, malattie, ecc.) o dall'alterazione dei flussi di correnti tra bacini adiacenti (6). I cambiamenti dei fattori ambientali che avvengono su larga scala o perdurano nel tempo (fenomeno noto come "cambiamento di regime") possono provocare drastici cambiamenti nella struttura e nella composizione delle comunità, fenomeno conosciuto come "cambiamento di fase" (10). In anni recenti si sta assistendo a cambiamenti di fase nella maggior parte degli habitat marini, determinati, soprattutto in Mediterraneo, da tre processi principali: i) mortalità di massa; ii) aumento dell'incidenza di epidemie; e iii) spostamento verso nord di specie termofile ad affinità sub-tropicale e arrivo e insediamento di specie ad affinità tropicale, queste ultime definite specie non indigene (alloctone) o specie aliene (6).

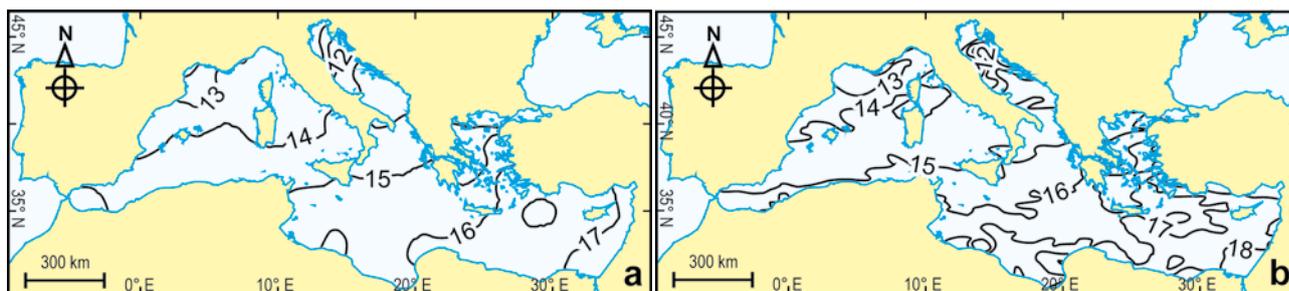


Figura 3. Isotherme del mese di febbraio in Mar Mediterraneo: a) media dei dati climatologici dal 1906 al 1985; b) media per il periodo dal 1985 al 2006 (9).

² A cura di Monica Montefalcone, Annalisa Azzola, Carla Morri, Carlo Nike Bianchi del DiSTAV (Dipartimento di Scienze della Terra dell'Ambiente e della Vita) dell'Università degli Studi di Genova.

Mortalità di massa

Conseguenze delle anomalie termiche, verificatesi con frequenza sempre maggiore dagli anni '90 nel Mediterraneo nord-occidentale, sono i vari episodi di mortalità di massa osservati tra gli invertebrati sessili bentonici. In funzione delle caratteristiche biologiche delle specie bentoniche (ad es. longevità, dimensioni, tassi riproduttivi), queste possono mostrare diversi livelli di sensibilità agli stress e ai disturbi ambientali che, se perdurano nel tempo, possono provocare la morte di intere popolazioni (11).

In Mar Ligure, il primo evento di mortalità di massa documentato risale agli anni '80. Le specie più colpite sono state il corallo rosso *Corallium rubrum*, le gorgonie delle specie *Eunicella cavolini* e *Paramuricea clavata* e diverse spugne, tra le quali la specie protetta *Spongia officinalis* (6).

Nell'area che si estende dall'Arcipelago toscano fino alle coste marsigliesi, a fine estate del 1999, sono stati registrati valori di temperatura dell'acqua fino a 2-5°C superiori alla media stagionale. A seguito di questo evento è stata osservata una grave e diffusa mortalità di massa di 27 spe-



Figura 4. Colonie di corallo rosso (*Corallium rubrum*), in gran parte uccise da un'ondata di calore (Alghero, Sardegna, 2008). ©Alessandro Gianni/Greenpeace



Figura 5. *Cladocora caespitosa*. ©Egidio Trainito/Greenpeace

cie di invertebrati sessili, tra cui spugne, gorgonie, coralli, briozoi e ascidie. Rilevamenti svolti nell'Area Marina Protetta di Portofino (Genova) hanno mostrato una mortalità del 40-60% delle colonie di gorgonie delle specie *Paramuricea clavata*, *Eunicella cavolini* e *Eunicella singularis* (12).

Un altro caso di mortalità di massa documentato nel Mar Tirreno e nel Mar Ligure si è verificato nell'estate del 2003, con un impatto su circa 25 specie di invertebrati sessili bentonici (principalmente spugne e gorgonie). L'ondata di calore registrata da giugno a settembre ha causato un innalzamento della temperatura dell'acqua di 1-3°C, con un conseguente sviluppo di mucillagine che, depositandosi sopra gli organismi e soffocandoli, ha provocato la morte di circa l'80% delle colonie di gorgonie. Gli effetti di questo evento sono rimasti evidenti per molti anni; il recupero delle popolazioni è stato lento e, per la maggior parte delle specie, è risultato solo parziale (6,13,14).

Recenti osservazioni mostrano come negli ultimi anni, in seguito alle ondate di calore estive, siano sempre più frequenti eventi di morie e mortalità di massa: gorgonie con evidenti segni di necrosi, esemplari di *Cladocora caespitosa* (madrepora del Mediterraneo) sbiancati, alghe corallinacee morte sono solo alcuni esempi. Durante l'estate del 2017, presso l'Isola di Montecristo sono state colpite intere colonie di gorgonie (15).

Nell'estate del 2018 è stata osservata una moria di *Parazoanthus axinellae* (conosciuta con il nome comune di margherita di mare) presso l'Area Marina Protetta di Bergeggi (Savona), e una moria di *Paramuricea clavata* a Portofino, ripetutasi anche nell'estate del 2019, soprattutto a causa degli eventi mucilluginosi (Figura 7).

Questi eventi, ancora una volta, dimostrano come l'innalzamento della temperatura dell'acqua possa avere gravi conseguenze per le comunità e gli ecosistemi marini e richiede quindi urgentemente l'attenzione di scienziati e ambientalisti.



Figura 6. *Parazoanthus axinellae*. ©Alessandro Gianni/Greenpeace



Figura 7. Mucillagine a Portofino (Genova) durante l'estate del 2018. Nelle due immagini di destra si osserva la necrosi di una parte delle colonie di *Paramuricea clavata*.

Foto di Annalisa Azzola. (in gentile concessione dal DiSTAV)



Epidemie

Le epidemie causate da agenti patogeni stanno aumentando in frequenza e gravità in tutti i mari del mondo, e vi è un crescente numero di prove che indicano legami con il cambiamento climatico. Lo stress termico può ridurre la resistenza delle specie ai microrganismi (virus, batteri, protozoi, funghi) che, in condizioni normali, sarebbero in grado di resistere meglio all'azione patogena (6).

Nell'estate del 2018, ad esempio, a causa dell'effetto combinato dell'innalzamento della temperatura dell'acqua e dell'azione di un batterio (*Haplosporidium* sp.), le popolazioni del bivalve *Pinna nobilis* (conosciuto con il nome comune di nacchera) hanno subito fenomeni di mortalità di massa in diverse aree del Mediterraneo, riducendosi del 30-100% a seconda della zona geografica (Figura 8) (6).

Tropicalizzazione

Il cambiamento climatico sta avendo importanti effetti, oltre che sulla biodiversità, anche sull'assetto biogeografico del Mediterraneo. Dalla fine degli anni '80, l'aumento della temperatura media annua e la riduzione della variabilità annuale conseguente la mitigazione delle temperature invernali, ha profondamente inciso sulla distribuzione e la dispersione di diverse specie. Attraverso il fenomeno definito "tropicalizzazione", nelle zone settentrionali più fredde del Mediterraneo sono ora stabili specie termofile ad affinità sub-tropicale, che popolavano il sud di questo bacino, mentre specie aliene ad affinità tropicale sono migrate dal Mar Rosso tramite il Canale di Suez e stanno espandendosi in tutto il Mediterraneo (6). Queste specie sono tendenzialmente più adattabili alle diverse condizioni ambientali e più forti nella competizione con le specie autoctone, che sono state spesso sostituite.

Figura 8. Esemplari di *Pinna nobilis* morti a Portofino (Genova) in seguito all'epidemia del 2018.

Foto di Alice Oprandi (in gentile concessione dal DiSTAV)



Diversi studi mostrano, ad esempio, come la donzella pavonina (*Thalassoma pavo*), specie termofila originaria del sud del Mediterraneo, sia ormai divenuta stabile nella parte nord-occidentale di questo bacino, o come il pesce pappagallo (*Sparisoma cretense*) sia ormai considerato stanziale all'isola del Giglio (6,16,17). Un esempio di specie lessepsiana (ovvero entrata da Suez) è il pesce *Siganus luridus*, noto anche come pesce coniglio, tipico del Mar Rosso e dell'Oceano Indiano. La sua invasione ha avuto finora un grande successo, presumibilmente per la carenza di competitori. È divenuto comune in tutto il bacino orientale, lungo le coste greche e tunisine, ed è stato segnalato più volte in Sicilia, e anche, più a nord, in Costa Azzurra e in Croazia.

In Mar Tirreno e in Mar Ligure, oltre alle specie termofile sub-tropicali, si sono stabilite diverse specie aliene; l'ingresso e il successo della loro colonizzazione è stato, direttamente o indirettamente, favorito anche dalle attività antropiche e dal conseguente degrado ambientale (6). Fonte di preoccupazione, in particolare, da diversi anni è l'espansione dell'alga verde tropicale *Caulerpa cylin-*

dracea, la cui veloce espansione è stata associata alla riduzione della biodiversità e all'omogeneizzazione degli ecosistemi marini costieri, come osservato ad esempio nelle Aree Marine Protette di Portofino (Genova) e delle Cinque Terre (La Spezia) (Figura 11) (18).

I fenomeni di mortalità di massa e l'insediamento di specie non indigene hanno cambiato la struttura e la composizione degli ecosistemi marini del Mediterraneo nord-occidentale. I cambiamenti più rilevanti si sono verificati intorno agli anni '80-90, in corrispondenza della fase di rapido riscaldamento dell'acqua superficiale del mare (6). Negli ultimi anni stiamo assistendo a una nuova fase d'innalzamento della temperatura del mare e ci sono diversi indizi che sembrano indicare l'inizio di un'ulteriore serie di cambiamenti negli ecosistemi marini. Gli effetti più comunemente osservati, ad esempio in Mar Ligure, includono: (i) la ricerca di rifugi in profondità da parte di alcune specie, per evitare le ondate di calore; e (ii) l'omogeneizzazione degli habitat, con una riduzione di biodiversità e/o tridimensionalità degli ecosistemi (6).



Figura 9. *Thalassoma pavo*. ©Greenpeace/Roger Grace



Figura 10. *Sparisoma cretense*. ©Greenpeace/Roger Grace

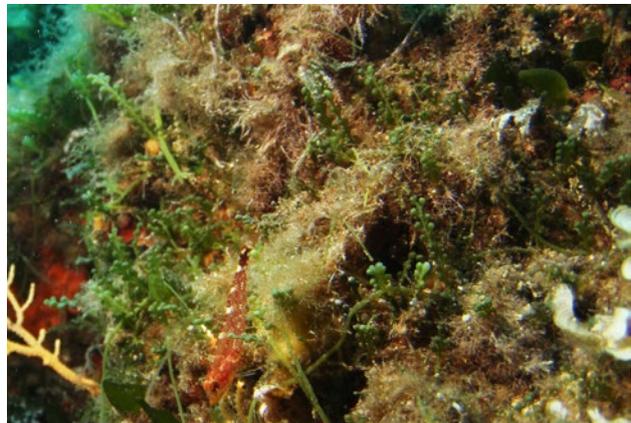


Figura 11. *Caulerpa cylindracea* a Portofino (Genova). Sono evidenti gli stoloni che colonizzano il substrato entrando in competizione con gli organismi autoctoni. Foto di Annalisa Azzola. (in gentile concessione dal DiSTAV)

Il progetto MARE CALDO

Sono ancora pochi gli studi sull'effetto dei cambiamenti climatici che considerano grandi scale spaziali e lunghe serie temporali di dati. Risulta quindi fondamentale la raccolta di dati rappresentativi delle variabili ambientali, come la temperatura, per migliorare la nostra capacità di valutare l'impatto dei cambiamenti climatici e prevedere i futuri effetti che questi avranno sugli ecosistemi marini (19). Comprendere come l'innalzamento della temperatura dell'acqua influisca sulla struttura e sul funzionamento degli ecosistemi marini è anche fondamentale per sostenere politiche e strategie di gestione e conservazione.

In questa prospettiva il Mar Mediterraneo, per le sue caratteristiche di bacino chiuso, dove gli effetti dei cambiamenti climatici vanno a intrecciarsi con gli impatti di diverse attività antropiche, risulta essere un "laboratorio" naturale per studiare come i nostri mari verranno modificati dai cambiamenti in atto e capire come poter aumentare la loro capacità di adattarsi e sopravvivere.

La temperatura dell'acqua può essere misurata con diversi sensori e strumenti. I satelliti forniscono una buona copertura spaziale e temporale dello strato superficiale dei mari e degli oceani (fino a 5 metri circa), ma non è possibile utilizzarli per rilevamenti a maggiori profondità. Le misurazioni *in situ* sono quindi necessarie per raccogliere dati sulle variazioni di temperatura al di sotto dei primi metri d'acqua, e forniscono informazioni più affidabili e accurate sulle condizioni locali (4).

Per la raccolta dei dati di temperatura a diverse profondità possono essere utilizzati *temperature data logger*, piccoli termometri subacquei in grado di registrare in continuo le temperature marine e immagazzinare i dati che possono poi essere periodicamente scaricati e analizzati. Nel Mediterraneo esiste una piattaforma, T-MED Net (20), che ha l'obiettivo di mettere in comunicazione istituzioni pubbliche di ricerca, Aree Marine Protette e ONG che hanno sviluppato stazioni di monitoraggio delle temperature nelle zone costiere del Mar Mediterraneo al fine di correlare i dati raccolti e sviluppare un'analisi di bacino sugli effetti dei cambiamenti climatici in mare.



Figura 12. Stazione pilota per misurare le temperature del mare. Operatori posizionano un termometro sott'acqua. Isola d'Elba. ©Lorenzo Moscia/Greenpeace



Il progetto MARE CALDO - nato dalla collaborazione tra Greenpeace e DiSTAV (Università degli Studi di Genova)³ - ha come obiettivo quello di monitorare i cambiamenti nella temperatura lungo la colonna d'acqua e valutare quindi gli effetti del riscaldamento globale sugli habitat marini costieri. Il monitoraggio della temperatura dell'acqua sarà condotto in una stazione pilota vicino alla costa Nord-occidentale dell'Isola d'Elba, dove sono stati installati sensori per la registrazione della temperatura a diverse profondità (ogni 5 metri, da 5 a 40 metri di profondità), secondo il protocollo T-Med Net (21), con il fine di rendere disponibili alla comunità scientifica dati comparabili con quelli registrati da altre stazioni in vari siti del Mediterraneo. I sensori rimarranno in acqua per almeno due anni, settati per rilevare le temperature a intervalli di un'ora, immagazzinando dati per periodi che possono arrivare fino all'anno. Grazie alla collaborazione di partner locali, il laboratorio specializzato ElbaTech e il Diving center il Careno, che si sono occupati dell'installazione della stazione, i dati verranno acquisiti periodicamente (per lo meno a inizio e fine stagione) e inviati al DiSTAV per le successive analisi.

Rispetto ad altre zone del Mediterraneo, come Spagna e Francia, dove il T-Med network è particolarmente sviluppato, in Italia sono poche le stazioni che ne fanno parte: tra esse quella della Stazione Zoologica Anton Dohrn sull'Isola d'Ischia, una a Portofino e una sul versante adriatico, a Otranto. È quindi di particolare importanza poter sviluppare altre stazioni nei nostri mari per aumentare le

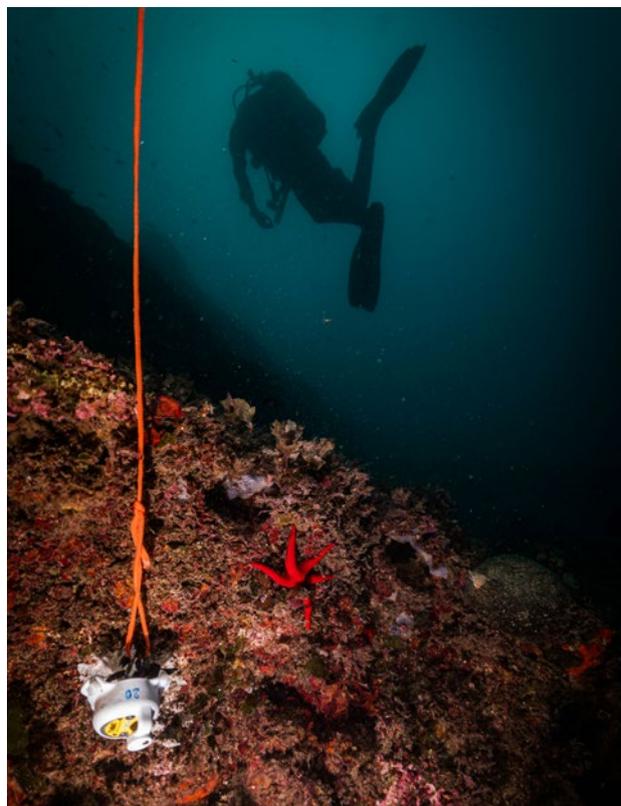


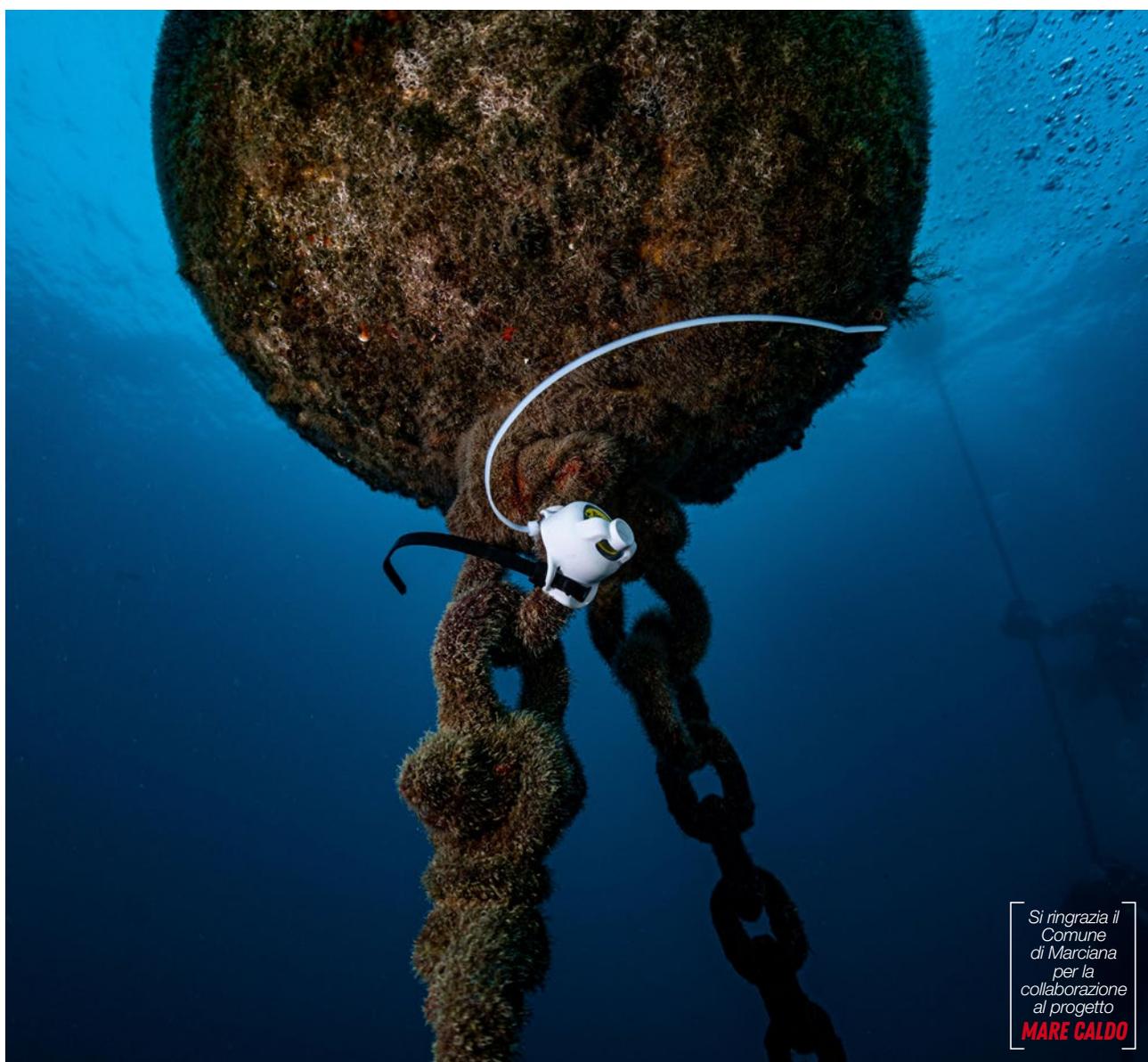
Figure 13 - 14. Stazione pilota per misurare le temperature del mare. Termometri posizionati a varie profondità. Isola d'Elba.

©Lorenzo Moscia/Greenpeace

³ Il progetto è stato sviluppato in partnership con il DiSTAV dell'Università di Genova e con la collaborazione di Maria Cristina Gambi, ricercatore della Sezione di Ecologia Marina Integrata della Stazione Zoologica Anton Dohrn.

conoscenze della comunità scientifica sul tema. Il mare dell'Isola d'Elba è stato scelto in quanto l'aumento delle temperature, come indicato nel presente rapporto, sta causando uno spostamento dell'aerale di distribuzione delle specie meridionali (ad affinità tropicale o sub-tropicale) verso latitudini più settentrionali con conseguenti alterazioni nelle biocenosi. Il limite biogeografico settentrionale delle specie "termofile" (che preferiscono acque calde), l'isoterma dei 14° C⁴, storicamente localizzata in inverno nel Tirreno centrale, intorno all'Isola d'Ischia (Figura 3) si sta progressivamente spostando verso il Mar Ligure e gli impatti dei cambiamenti climatici in mare potrebbero essere particolarmente evidenti in zone come l'Isola d'Elba, dove non esiste al momento nessun progetto di rilevazione in

continuo delle temperature marine costiere. L'area è inoltre di particolare interesse in quanto si trova all'interno del Santuario dei Cetacei Pelagos. Nato nel 1999 da un Accordo siglato da Francia, Italia e Monaco per tutelare balene e delfini particolarmente abbondanti in queste acque, il Santuario è la più grande area protetta del Mediterraneo - oltre 87.000 chilometri quadrati. Purtroppo, in vent'anni nulla è stato fatto per mitigare l'impatto delle attività umane che minacciano l'area, dal traffico marino all'inquinamento, facendola rimanere un parco solo sulla carta: un'enorme occasione mancata per sviluppare innovative misure di gestione e proteggere il mare, in modo da rendere i suoi abitanti in grado di reagire meglio alla nuova minaccia dei cambiamenti climatici.



Si ringrazia il
Comune
di Marciana
per la
collaborazione
al progetto
MARE CALDO

Figura 15. Stazione pilota per misurare le temperature del mare. Termometri posizionati sotto una boa di ormeggio del Comune di Marciana. Isola d'Elba. ©Lorenzo Moscia/Greenpeace

⁴ L'isoterma dei 14 °C, si riferisce alle temperature minime invernali rilevate negli strati superficiali.

Bibliografia

- (1) Greenpeace International (2019). In *Hot Water: The climate crisis and the urgent need for ocean protection*.
- (2) IPBES (Gruppo intergovernativo per la Biodiversità e i Servizi Ecosistemici) (2019). *The global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. Link: <https://ipbes.net/global-assessment>
IPCC (Gruppo Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici) (2019). *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. Link: <https://www.ipcc.ch/srocc/download-report/>
- (3) Per approfondire: Greenpeace International (2019) 30x30. *A Blueprint for Ocean Protection* Link: www.greenpeace.org/30x30blueprint
- (4) Von Schuckmann K., Le Traon P., Smith N., Pascual A., Djavidnia S., et al. (2019) - Copernicus Marine Service Ocean State Report, Issue 3. *Journal of Operational Oceanography*, 12
- (5) Morri C., Bianchi C.N., Di Camillo C.G., Ducarme F., Allison W.R., Bavestrello G., (2017) - Global climate change and regional biotic responses: two hydrozoan tales. *Marine Biology Research*, 13 (5): 573-586.
- (6) Bianchi C.N., Azzola A., Bertolino M., Betti F., Bo M., Cattaneo-Vietti R., Cocito S., Montefalcone M., Morri C., Oprandi A., Peirano A., Bavestrello G. (2019) - Consequences of the marine climate and ecosystem shift of the 1980-90s on the Ligurian Sea biodiversity (NW Mediterranean). *The European Journal of Zoology*, 86 (1): 458-487.
- (7) The MerMEX Group: Durrieu de Madron X., Guieu C., Sempéré R., Conan P., Cossa D. et al. (2011) - Marine ecosystems' responses to climatic and anthropogenic forcings in the Mediterranean. *Progress in Oceanography*, 91: 97-166.
- (8) Rivetti I., Frascchetti S., Lionello P., Zambianchi E., Boero F. (2014) - Global warming and mass mortalities of benthic invertebrates in the Mediterranean Sea. *PLoS ONE*, 9(12): e115655.
- (9) Bianchi C.N., Morri C., Chiantore M., Montefalcone M., Parravicini V., Rovere A. (2012) - Mediterranean Sea biodiversity between the legacy from the past and a future of change. In: Noga Stambler (Ed.), *Life in the Mediterranean Sea: a look at habitat changes*. New York, Nova Science Publishers Inc.: p. 55.
- (10) Montefalcone M., Parravicini V., Bianchi C.N. (2011) - Quantification of coastal ecosystem resilience. In: Wolanski E. and McLusky D.S. (Eds), *Treatise on Estuarine and Coastal Science*. Waltham, Academic Press, 10 (3): pp. 49-70.
- (11) Montefalcone M., Morri C., Bianchi C.N., Bavestrello G., Piazzi L. (2017) - The two facets of species sensitivity: Stress and disturbance on coralligenous assemblages in space and time. *Marine Pollution Bulletin*, 117: 229-238.
- (12) 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. (2000) - A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (North- western Mediterranean), summer 1999. *Ecology Letters*, 3: 284-293.
- (13) Schiaparelli S., Castellano M., Povero P., Sartoni G., Cattaneo-Vietti R. (2007) - A benthic mucilage event in North-Western Mediterranean Sea and its possible relationships with the summer 2003 European heatwave: short term effects on littoral rocky assemblages. *Marine Ecology*, 28: 341-353.
- (14) Giuliani S., Virno Lamberti C., Sonni C., Pellegrini D. (2005) - Mucilage impact on gorgonians in the Tyrrhenian sea. *Science of the Total Environment*, 353: 340-349.
- (15) Turicchia E., Abbiati M., Sweet M., Ponti M. (2018) - Mass mortality hits gorgonian forests at Montecristo Island. *Diseases of Aquatic Organisms*, 131: 79-85.
- (16) Guidetti P., Bianchi C.N., La Mesa G., Modena M., Morri C., Sara G., Vacchi M. (2002) - Abundance and size structure of *Thalassoma pavo* (Pisces: Labridae) in the western Mediterranean Sea: variability at different spatial scales. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 82: 495-500.
- (17) Ventura D., Colloca F., Ardizzone G. (2019) - Settlement evidence of the Mediterranean parrotfish *Sparisoma cretense* (Teleostei: Scaridae) in the Central Tyrrhenian Sea (Giglio Island, Italy). *BioInvasions Records*, 8 (2): 413-418.
- (18) Morri C., Montefalcone M., Gatti G., Vassallo P., Paoli C., Bianchi C.N. (2019) - An alien invader is the cause of homogenization in the recipient ecosystem: a simulation-like approach. *Diversity*, 11: 146.
- (19) Bianchi C.N., Azzola A., Parravicini V., Peirano A., Morri C., Montefalcone M. (2019) - Abrupt change in a subtidal rocky reef community coincided with a rapid acceleration of sea water warming. *Diversity*, 11: 215.
- (20) T-MED Net (2019). Link: <http://www.t-mednet.org> (Accessed 1 November 2019).
- (21) Si veda: <http://www.t-mednet.org/observation-system/thermal-environment>

GREENPEACE

Greenpeace è un'organizzazione globale indipendente che sviluppa campagne e agisce per cambiare opinioni e comportamenti, per proteggere e preservare l'ambiente e per promuovere la pace.

Greenpeace Onlus
Via della Cordonata, 7
00187 Roma
telefono 06.68136061
www.greenpeace.it