

OPERAZIONE MARE CALDO

IL CAMBIAMENTO È GIÀ NEI NOSTRI MARI



Maggio 2021

Introduzione

Il nostro Pianeta si trova ad affrontare oggi due gravissime crisi. Quella legata ai cambiamenti climatici sta letteralmente trasformando il clima sul nostro pianeta e minacciando con eventi meteorologici estremi, dagli uragani alle grandi siccità agli incendi, la vita di milioni di persone. Quella della perdita di biodiversità, oggi secondo il Gruppo intergovernativo per la Biodiversità e i Servizi Ecosistemici (IPBES) delle Nazioni Unite, registra livelli senza precedenti, con un milione di specie a rischio di estinzione.

Al centro di queste due crisi, strettamente correlate tra loro, uno degli ecosistemi fondamentali per la vita sul nostro Pianeta: gli oceani. Se da un lato gli oceani sono uno dei nostri migliori alleati contro i cambiamenti climatici, dall'altro ne stanno infatti subendo le conseguenze.

Il mare svolge un ruolo cruciale nella lotta al cambiamento climatico: si stima che tra il 20 e il 30 per cento delle emissioni totali di CO₂ generate dalle attività umane dal 1980 siano state catturate dagli oceani, e che gli oceani abbiano assorbito circa il 93 per cento del calore dovuto all'aumento di gas serra in

atmosfera, dimostrando un ruolo centrale nella regolazione del clima terrestre. Fondamentali per svolgere questo servizio ecosistemico sono per esempio gli habitat delle praterie sommerse di fanerogame marine, di cui il nostro paese è ricco, e i fondali in acque profonde: i sedimenti marini sono infatti tra i più grandi serbatoi al mondo di stoccaggio del carbonio.

Tuttavia, l'assorbimento di CO₂ e calore dall'atmosfera non avviene senza conseguenze: i nostri mari si stanno acidificando e riscaldando. Dall'inizio degli anni Settanta è evidente a livello globale una tendenza al riscaldamento della superficie del mare oltre i limiti di variabilità naturale, con gravissime conseguenze sul clima e le persone - sempre più frequenti gli eventi [climatici estremi](#) - e sugli ecosistemi marini. Oggi, secondo il rapporto dell'IPBES, il 66 per cento dell'ambiente marino globale mostra "gravi alterazioni" a seguito della pressione delle attività umane e la "ricchezza e abbondanza" degli ecosistemi marini è in declino, con circa il 33 per cento delle specie che formano le scogliere coralline a rischio e un terzo di tutti i mammiferi marini. Secondo gli esperti tra i principali *driver* di questa crisi c'è proprio il cambiamento climatico. Una crisi della biodiversità che riguarda anche l'Italia: studi effettuati nell'ambito delle Liste Rosse dell'*International Union for Conservation of Nature* (IUCN) evidenziano una perdita annuale di specie nel nostro paese (a terra e in mare) pari allo 0,5 per cento del totale, come conseguenza diretta o indiretta delle attività umane.

Risultano pertanto oggi più che mai urgenti, al fianco di un'azione globale per contrastare i cambiamenti climatici, misure a tutela degli ecosistemi marini e della loro biodiversità. Bisogna intervenire da un lato con azioni mirate sulle attività umane che stanno accelerando la perdita di biodiversità, come l'inquinamento o la pesca (recenti studi dimostrano che la pesca a strascico sia anche responsabile del rilascio di enormi quantità di CO₂ dai fondali marini) dall'altro proteggendo le aree più sensibili e ricche di biodiversità in modo da aumentarne la resilienza. Va da sé che specie già fortemente stressate dall'impatto di diverse attività umane avranno una minor capacità di adattarsi e resistere a un cambiamento che, purtroppo, è già in atto, anche nei nostri mari. Ad oggi meno poco più del 6 per cento¹ degli oceani del pianeta è protetto, nonostante la comunità scientifica sia concorde nell'indicare che solo tutelando il 30 per cento della superficie degli oceani a livello globale entro il 2030 saremo in grado di garantire il recupero di ecosistemi chiave e fermare la perdita di biodiversità marina. È fondamentale che anche l'Italia lavori in questa direzione sia nelle sedi internazionali sia a livello nazionale predisponendo gli investimenti necessari per rafforzare e ampliare la propria rete di Aree Marine Protette in linea con la Strategia europea per la Biodiversità 2030 e gli [impegni](#) presi.

La tutela degli ecosistemi marini deve essere vista come una strategia integrata chiave nella lotta ai cambiamenti climatici. Salvare i nostri mari oggi non può

¹ "Percent of global ocean by protection status: 6.4 % implemented protected area = 2.7% Fully / Highly Protected + 3.7% Less Protected / Unknown". Fonte: <https://mpatlas.org/>

essere considerato un lusso, ma una scelta necessaria per garantire un futuro ai suoi abitanti e da tutto il pianeta.

L'aumento delle temperature modifica gli ecosistemi marini

L'aumento della temperatura del mare sta avendo gravi impatti sugli ecosistemi marini a livello mondiale, accelerando il tasso di perdita di specie. L'accumulo di calore causa un elevato stress termico alle popolazioni marine portando a dei veri e propri cambiamenti nella composizione e nella struttura delle comunità. Ondate di calore, con un aumento repentino e prolungato delle temperature possono causare gravi danni agli organismi più sensibili portando ad eventi di mortalità di massa, come quelli verificatisi per le gorgonie rosse in Mediterraneo nel 1999 e 2003 a seguito di un aumento anomalo delle temperature. Allo stesso tempo anche un aumento lento e graduale delle temperature, anno dopo anno, modifica le condizioni ambientali che favoriscono importanti cambiamenti negli ecosistemi marini, con il proliferare di alcune specie a scapito di altre, la ricerca di rifugi in profondità da parte di specie più sensibili che scompaiono negli strati più superficiali più caldi e l'omogeneizzazione degli habitat, con una riduzione della biodiversità degli ecosistemi.

Il monitoraggio delle variazioni delle temperature del mare in superficie come in profondità risulta quindi uno strumento fondamentale per comprendere l'impatto che i cambiamenti climatici stanno avendo sulla biodiversità marina, e - correlandoli con gli impatti di altre attività umane - sviluppare le conoscenze necessarie per fronteggiare le attuali sfide ambientali.

Il progetto Mare caldo

Se un parametro chiave per analizzare l'evoluzione del riscaldamento globale è il rilevamento delle temperature superficiali tramite satellite, risultano sempre più importanti misurazioni fatte *in situ* a diverse profondità per monitorare le variazioni della temperatura sull'intera colonna d'acqua e studiarne gli impatti sulla vita marina. La rete [T-MedNET](#) è una piattaforma che a livello Mediterraneo favorisce il confronto dei dati tra stazioni di monitoraggio delle temperature costiere a diverse profondità.

Per stimolare questo tipo di studi Greenpeace Italia ha lanciato a fine 2019 [il Progetto Mare caldo](#), in collaborazione con i ricercatori del DiSTAV dell'Università di Genova, partner scientifico del progetto, e il laboratorio tecnico ElbaTech. Il progetto ha l'obiettivo di studiare nel tempo gli impatti dei cambiamenti climatici sui mari italiani promuovendo lo sviluppo di una rete costiera di stazioni di monitoraggio delle temperature in mare, da 5 fino a 40 metri di profondità, che vada ad integrarsi con la piattaforma mediterranea T-MEDNet, ad oggi poco sviluppata in Italia. La raccolta di dati su scala nazionale e il loro confronto con quelli raccolti a livello del bacino mediterraneo permetterà di aumentare la comprensione dei processi in atto con l'obiettivo di sviluppare misure coordinate di gestione e tutela.

Il progetto iniziato con una stazione pilota installata da Greenpeace all'Isola d'Elba è andato pian piano crescendo grazie all'adesione di diverse Aree Marine Protette (AMP). Questa collaborazione fortemente voluta con realtà che hanno un ruolo chiave nella tutela e nel monitoraggio degli ecosistemi marini, sta portando alla costruzione di una vera e propria rete *Mare caldo* in grado di monitorare, tramite stazioni dislocate nei principali mari italiani, i cambiamenti in atto intorno alla nostra penisola. Quattro le AMP che sono entrate nella rete nel 2020 durante il primo anno di progetto (AMP del Plemmirio, in Sicilia; AMP di Portofino, in Liguria; AMP di Capo Carbonara e AMP di Tavolara-Punta Coda Cavallo in Sardegna), altre quattro hanno aderito dall'inizio del 2021 (AMP di Miramare, in Friuli Venezia Giulia; AMP di Torre Guaceto, in Puglia; AMP dell'Isola dell'Asinara in Sardegna; e AMP di Isole di Ventotene e Santo Stefano, in Campania). A maggio 2021 sono quindi 9 le aree di studio comprese nel progetto *Mare caldo*.



Figura 1. Stazioni del progetto *Mare caldo*. In rosso quelle operative durante il primo anno di progetto (2020) e a cui si riferiscono i risultati presentati nel briefing. In giallo le AMP che ad oggi hanno aderito alla rete e hanno completato o stanno completando le loro stazioni di monitoraggio (Fonte: DiSTAV).

Durante il primo anno di progetto sono stati analizzati i dati di temperatura registrati dai sensori posizionati tra i 5 e i 40 metri di profondità nelle stazioni dell'Isola d'Elba e dell'Area Marina Protetta di Portofino, le uniche attive da fine 2019 a tutto il 2020. Nel 2020 si è inoltre provveduto all'installazione dei sensori nell'Area Marina Protetta del Plemmirio e di Capo Carbonara. Al fine di valutare gli effetti dell'aumento delle temperature sugli ecosistemi di scogliera durante il primo anno di progetto sono

state condotte attività di monitoraggio biologico nell'area dell'Isola d'Elba, dell'Area Marina Protetta di Portofino e del Plemmirio.

NOTA: Di seguito il briefing sintetizza i principali risultati del primo anno di progetto presentati nella "Relazione del primo anno di Progetto Mare caldo (2019-2020): Monitoraggio degli effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi marini bentonici di scogliera", commissionata da Greenpeace al DiSTAV dell'Università di Genova e disponibile a [questo link](#).

Le temperature aumentano ...anche nei nostri mari

Tramite rilevamenti satellitari è possibile studiare l'andamento delle temperature superficiali del mare (SST). L'analisi dei dati disponibili sul sito della [NOAA](#) mostra **negli ultimi 70 anni un generale trend di aumento delle temperature superficiali, con un aumento significativo delle medie annuali dagli anni Ottanta al 2020** in tutte e tre le aree di studio del progetto (vedi Fig. 2), segnale che il riscaldamento del mare è un fenomeno che sta interessando tutta la nostra penisola da sud a nord. Dal 1980 le temperature superficiali del mare sono aumentate di circa 1°C nell'Area Marina Protetta del Plemmirio, dove negli anni precedenti si erano già verificati degli aumenti significativi delle temperature, **e di ben 1,7-1,8°C nell'Area Marina Protetta di Portofino e dell'Isola d'Elba**, che hanno visto il maggior riscaldamento delle acque superficiali proprio negli ultimi quarant'anni. La variazione media annua in quest'ultime due aree è di circa 0,04°C, in linea con le stime fatte per il Mediterraneo dalla metà degli anni **Ottanta**. Il Mediterraneo, per le sue caratteristiche di bacino semichiuso, è particolarmente soggetto al riscaldamento delle acque e per tale ragione svolge un ruolo importante di sentinella del cambiamento climatico.

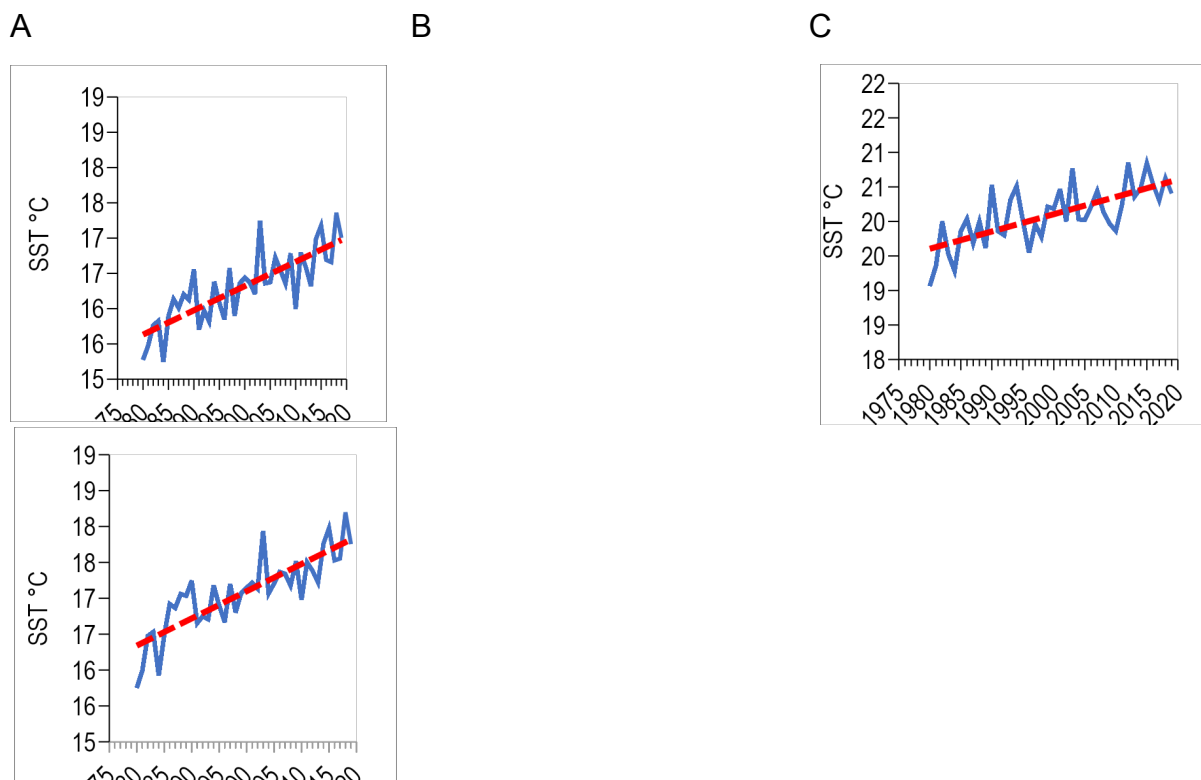


Figura 2. Trend dei valori medi annui della temperatura della superficie del mare (SST, *Sea Surface Temperature*, da dati satellitari della NOAA) dal 1980 al 2019 nell'area di Portofino (A), Isola d'Elba (B) e Plemmirio (C). In rosso la curva che descrive la tendenza dei dati. (Fonte: DiSTAV)

Nonostante la temperatura superficiale rappresenti un parametro chiave nello studio del riscaldamento globale, non risulta tuttavia sufficiente per comprendere gli andamenti delle temperature che caratterizzano la colonna d'acqua. L'installazione di *temperature data logger* nell'Area Marina Protetta di Portofino e nell'area dell'Isola d'Elba ha permesso di raccogliere oltre 130 mila dati di temperatura a diverse profondità in un periodo che va da fine 2019 (ottobre per l'AMP di Portofino, dicembre per l'Isola d'Elba), fino a settembre 2020. È stato così possibile monitorare l'andamento della temperatura da 5 fino a 40 metri di profondità, evidenziando durante l'estate del **2020 ben due ondate di calore**² in entrambe le aree di studio: una più intensa a giugno e una più moderata ad agosto. In linea con le caratteristiche termiche del Mar Ligure, nell'Area Marina Protetta di Portofino si è verificato un riscaldamento meno importante della colonna d'acqua, con temperature che in modo piuttosto repentino sono arrivate a 20°C fino a 20 metri, mentre all'Isola d'Elba il riscaldamento durante i picchi di calore ha interessato le maggiori profondità (con 20-21°C registrati fino a 25 metri) e si è mantenuto più costante nel tempo. La cosa interessante è che durante le due anomalie termiche i picchi di calore hanno coinvolto tutta la colonna d'acqua in entrambe le aree, evidenziando come il riscaldamento globale interessi non soltanto la temperatura superficiale dell'acqua ma anche le acque più profonde (vedi Fig. 3). In generale le temperature medie estive sulla colonna d'acqua sono state di 20°C a Portofino e 22°C all'Elba, con picchi di 28°C a 5 metri di profondità e di 21°C a 40 metri a Portofino e di 22°C a 40 metri all'Isola d'Elba, segno di un maggior riscaldamento verificatosi lungo tutta la colonna d'acqua in estate nelle aree più a sud. In inverno invece la temperatura media per entrambe le aree è risultata di 15°C, con i valori più bassi registrati nel mese di marzo; da questo mese hanno iniziato a scaldarsi prima le acque superficiali e poi quelle profonde. Dai dati di temperatura raccolti sembrerebbe che i periodi in cui si accumula più calore in profondità siano i mesi tra settembre e ottobre, in cui si sono registrate le medie di temperatura più alte (21°C a Portofino, 22 °C all'Elba).

² Ondate di calore= marcato innalzamento delle temperature prolungato nel tempo

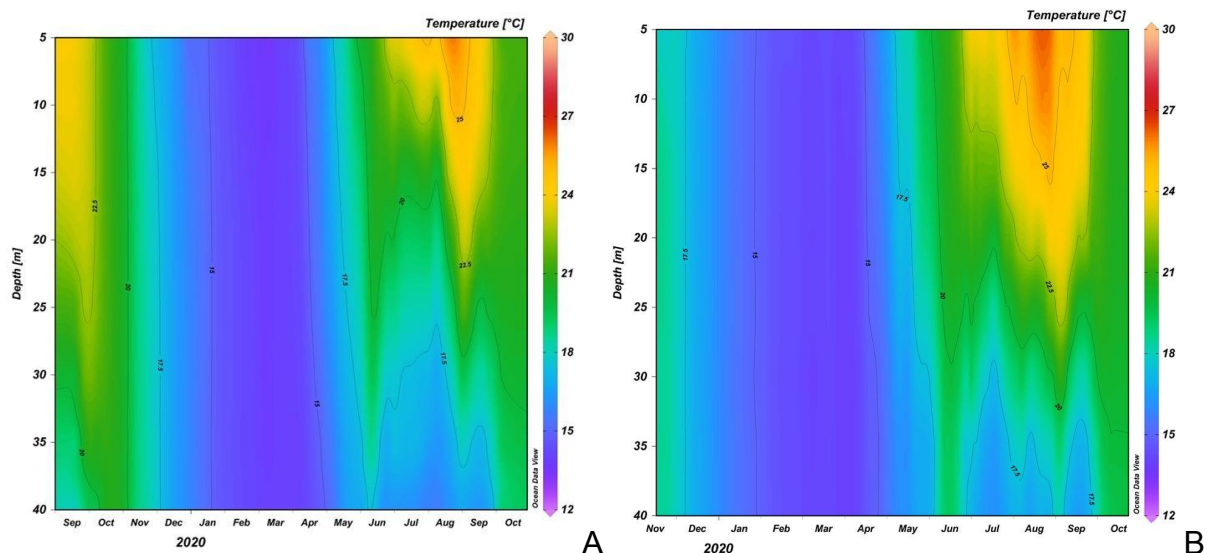


Figura 3. Valori medi mensili di temperatura (°C) a tutte le profondità indagate (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 m) per il periodo oggetto di studio registrati nell'Area Marina Protetta di Portofino (A) e all'Isola d'Elba (B) (Fonte: DiSTAV).

Ambienti ad alta biodiversità...ma molto sensibili

Le scogliere rocciose, comunemente indicate con il termine di fondi duri, rappresentano un'enorme riserva di biodiversità di importante valore scientifico ed economico, dalla pesca al turismo. Lo studio del loro stato ecologico e del loro cambiamento nel tempo anche in relazione agli impatti dei cambiamenti climatici risultata quindi di fondamentale importanza.

Le attività di monitoraggio tramite rilevamento subacqueo hanno permesso di caratterizzare le diverse aree di studio, dove è stato evidenziato un buono stato ecologico in termini di biodiversità con un elevato numero di specie nell'Area Marina Protetta del Plemmirio (71 specie) e nell'area dell'Isola d'Elba (70 specie), e moderato nell'Area Marina Protetta di Portofino (38 specie). I gruppi più rappresentati in termini di numero di specie sono quelli delle alghe, dei poriferi e infine degli cnidari. Nonostante le comunità siano **“ricche” di specie** si è evidenziato in tutte le aree di studio una distribuzione poco omogenea in termini di abbondanza, con **una forte dominanza di poche specie**. Questo rende le **comunità più fragili e maggiormente sensibili al cambiamento**: a fronte di un impatto, infatti, quando vi sono poche specie dominanti aumenta il rischio di perdita di biodiversità (nel caso di scomparsa delle specie meno abbondanti) o di perdita di funzioni ecosistemiche (nel caso di scomparsa delle specie chiave). Allo stesso tempo l'alta dominanza di poche specie può essere letta come un segnale di lento degrado ambientale legato a pressioni dirette e indirette delle attività umane.

I monitoraggi condotti all'Isola di Pianosa, area virtualmente priva di pressioni antropiche locali, mostrano infatti ambienti costieri molto più eterogenei rispetto ai siti studiati nella limitrofa area dell'Isola d'Elba. Questa differenza si osserva prevalentemente nel piano infralitorale dove i fondali dell'Isola di Pianosa sono dominati dalle alghe dei generi *Sargassum* e *Cystoseira*, pressoché assenti nelle aree di studio all'Isola d'Elba. Questi popolamenti algali, in grado di formare vere e proprie foreste sommerse, sono oggi scomparsi in diverse aree del Mediterraneo dove sono stati sostituiti da un manto uniforme di sedimento e altre specie di alghe non strutturanti (*turf algae*), considerato un indicatore di stato di degrado della comunità di scogliera. Quanto osservato all'Isola di Pianosa sembra quindi indicare che proteggendo aree chiave dei nostri mari, eliminando le pressioni antropiche locali, è possibile preservare la ricchezza degli ecosistemi marini aumentandone la resilienza, ovvero la loro capacità di resistere e adattarsi ai cambiamenti in atto.

Segnali di cambiamento

Per quanto nel corso dei monitoraggi del progetto *Mare caldo* non siano stati rilevati eventi di morie di massa paragonabili a quelli degli anni Novanta, per **tutte le aree di studio sono stati osservati chiari fenomeni di mortalità su colonie animali e organismi vegetali**, con sbiancamento o necrosi di alcune specie target, riconducibili all'effetto dell'aumento delle temperature.

L'Isola d'Elba è l'area dove sono stati rilevati i maggiori segnali di **sofferenza sulle colonie di gorgonie** (*Eunicella cavolinii*, *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata*) (Fig. 57). In particolare, *Eunicella singularis* (gorgonia bianca) è apparsa la specie più sensibile, con colonie colpite fino al 40-50 per cento in alcuni siti. Quasi un terzo (24 per cento) delle colonie osservate di *Eunicella cavolinii* (gorgonia gialla) hanno riportato aree necrotizzate, mentre solo il 6 per cento circa delle colonie di *Paramuricea clavata* è risultata impattata. Nell'area dell'Isola d'Elba sono state osservate anche **diverse colonie del madreporario mediterraneo *Cladocora caespitosa* sbiancate e numerosi individui morti del grosso bivalve *Pinna nobilis***. L'Area Marina Protetta del Plemmirio è l'area dove è stato osservato il maggiore impatto **sulle alghe calcaree incrostanti**: in tutti i siti monitorati è stato, infatti, osservato, a partire dai 30 metri di profondità, lo sbiancamento di diverse specie (11 per cento delle alghe Corallinacee e 9 per cento di *Peyssonnelia* sp. monitorate). In quest'area è stato anche rilevato un forte impatto (22 per cento) sulle colonie di briozoi, tra cui il falso corallo (*Myriapora truncata*), mai osservato nelle altre aree di studio. L'Area Marina Protetta di Portofino, l'area di studio più a nord, è quella invece dove è stato registrato il minor impatto sulle specie target.

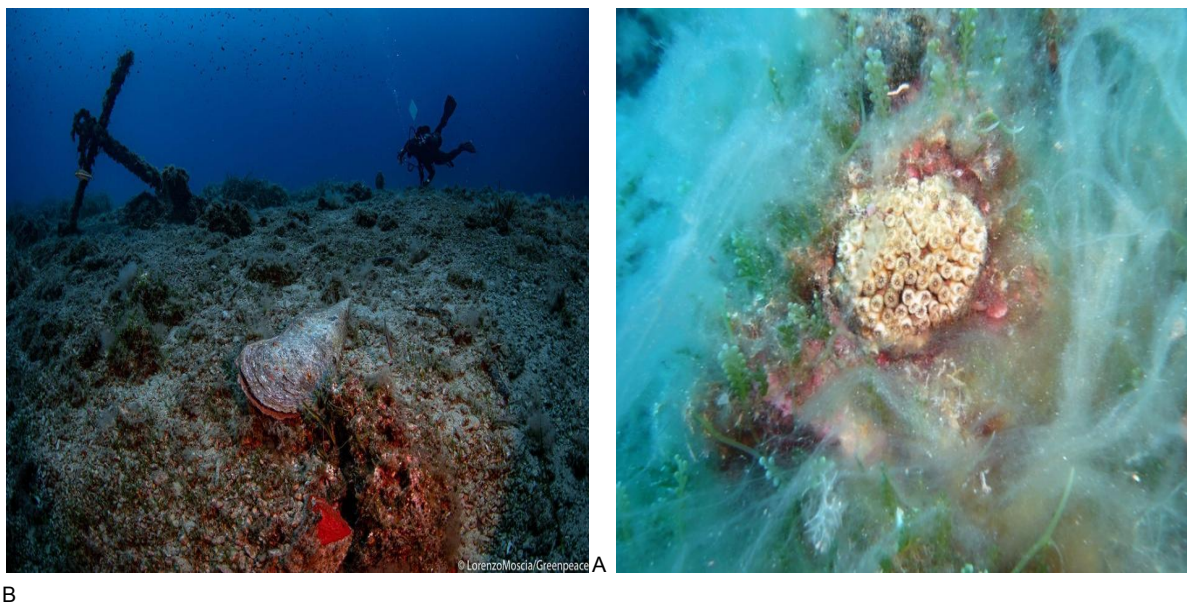


Figura 4. Esemplare di *Pinna nobilis* morta (A) e colonia di *Cladocora caespitosa*, parzialmente sbiancata e circondata da mucillagine (B, foto di Monica Montefalcone), all'Isola d'Elba.

Durante i monitoraggi condotti all'Isola d'Elba è stata inoltre osservata **una grande quantità di mucillagine sul fondo e sugli organismi arborescenti**, presente in tutte le stazioni monitorate, con una percentuale di ricoprimento che, tra i 10 e i 30 metri di profondità, è arrivata a raggiungere valori dell'80 per cento. Un valore simile è stato osservato anche in una delle stazioni monitorate nell'Area Marina Protetta di Portofino. Questo fenomeno preoccupa particolarmente in quanto le mucillagini, aggregati filamentosi di sostanza organica (per lo più originati da microalghe e/o batteri), depositandosi sugli organismi ne compromettono fortemente la funzionalità, riducendo l'apporto di luce e nutrienti. A partire dagli anni Ottanta-Novanta, a seguito del primo repentino aumento della temperatura superficiale dell'acqua, sono risultati sempre più frequenti gli eventi di morie di massa anche a fronte dei fenomeni mucillaginosi. Grazie al confronto tra l'Isola d'Elba e l'Isola di Pianosa è stato possibile correlare la presenza di mucillagine alla moria osservata sulle gorgonie. A Pianosa, infatti, dove la mucillagine era rara o presente solo alle maggiori profondità e su un esiguo numero di colonie di gorgonie, la percentuale di colonie di gorgonie bianche e gialle con segni di necrosi è risultata solo del 2,4 per cento, differentemente da quanto osservato all'Isola d'Elba. Oltre a essere un effetto diretto dell'innalzamento della temperatura, la presenza di mucillagine può essere legata alla qualità dell'acqua e dell'ambiente in generale. Questo potrebbe quindi essere un ulteriore segnale di come a livello locale habitat marini protetti siano in grado di fronteggiare meglio i cambiamenti che avvengono a livello globale.

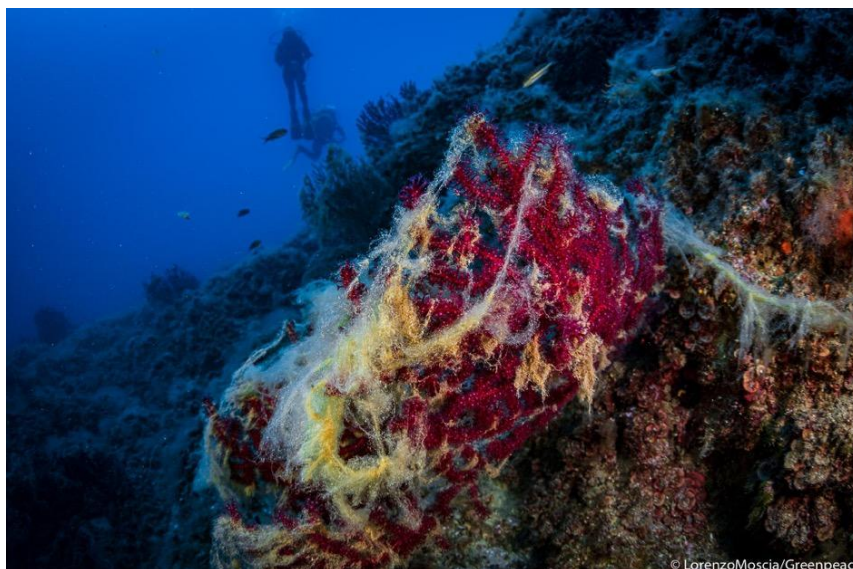


Figura 5 . Mucillagine che copre una colonia di *Paramuricea clavata* all'Isola d'Elba.

Un altro importante indicatore dei cambiamenti in atto nei nostri mari legato all'aumento delle temperature, è il cosiddetto fenomeno della “tropicalizzazione”, ovvero il fatto che pian piano **nelle zone più settentrionali si stanno spostando specie termofile**, meglio adattate a sopravvivere in mari più caldi, tipiche della parte meridionale del nostro bacino o aliene e provenienti da altri mari. Un esempio la donzella pavonina (*Thalassoma pavo*) ormai osservata anche nei mari più a nord. Come atteso la distribuzione di queste specie segue un gradiente latitudinale: nell'Area Marina Protetta del Plemmirio, più a sud e più vicina al Canale di Suez, è stato registrato il maggior numero di specie termofile, sia native sia aliene, che rappresentano il 19 per cento delle specie della comunità di scogliera. In quest'area specie termofile normalmente presenti, come il pesce pappagallo (*Sparisoma cretense*) o il vermocane (*Hermodice carunculata*), hanno visto negli ultimi anni un aumento esponenziale che rischia di alterare gli equilibri delle comunità con effetti negativi sulla biodiversità. Più inaspettatamente, un elevato numero di specie termofile è stato osservato anche all'Isola d'Elba, dove rappresentano il 13 per cento della comunità bentonica di scogliera, e nell'Area Marina Protetta di Portofino, dove rappresentano l'8 per cento della comunità, a dimostrazione dello spostamento verso nord di tali specie. Tra le specie bentoniche osservate di particolare rilevanza è l'alga aliena *Caulerpa cylindracea*, diventata dominante a Portofino in particolare intorno ai 20 metri di profondità, a fronte della riduzione delle specie native, con una conseguente omogeneizzazione dell'ecosistema di scogliera. L'invasione da parte di specie aliene è riconosciuta come una delle principali minacce ambientali per la conservazione della biodiversità marina in tutto il mondo.



Figura 6. *Caulerpa cylindracea* a Portofino. Sono evidenti gli stoloni che colonizzano il substrato entrando in competizione con gli organismi autoctoni (Foto di Annalisa Azzola).

Un cambiamento lento ma costante

Il confronto con i dati storici disponibili dagli anni Cinquanta per l'Area Marina Protetta di Portofino e dagli anni Novanta per l'area dell'Isola d'Elba evidenzia come **in entrambe le aree siano in atto marcati cambiamenti**, probabilmente irreversibili, **nella struttura e composizione delle comunità bentoniche di scogliera a fronte dell'aumento delle temperature registrato negli ultimi decenni.**

Per l'Area Marina Protetta di Portofino, già altri studi avevano evidenziato un cambiamento irreversibile nella struttura della comunità di scogliera dagli anni Cinquanta agli anni Novanta, e un ulteriore declino era stato osservato nel 2010. I dati raccolti durante questi monitoraggi indicano un ulteriore significativo cambiamento dal 2010 ad oggi. Questo va di pari passo con l'aumento delle temperature, che hanno visto due aumenti repentini proprio tra gli anni Ottanta e Novanta e intorno al 2010. L'aumento di temperatura sta mettendo a rischio la biodiversità locale favorendo l'espansione di specie aliene, come *Caulerpa cylindracea*, a scapito di altre specie native e l'insediamento di specie termofile native un tempo confinate a minori latitudini, provocando la scomparsa nei primi metri d'acqua delle foreste algali e una significativa diminuzione di specie sensibili come le gorgonie bianche e gialle, fortemente colpite anche dai sempre più frequenti fenomeni mucillaginosi.

Per l'area dell'Isola d'Elba gli studi sviluppati nell'ambito del progetto sono i primi a evidenziare un cambiamento nel tempo nella struttura e nella composizione delle comunità di scogliera, grazie al confronto con dati storici raccolti da ricercatori dell'Università di Genova, a partire dagli anni Novanta. Anche per quest'area sono stati osservanti forti cambiamenti nelle fasce batimetriche più superficiali (10 e

20 metri), mentre sembra esserci un ritorno verso la comunità originaria alle maggiori profondità (40 metri). Anche qui segni importanti di cambiamento sono l'invasione dell'alga aliena *Caulerpa cylindracea*, divenuta abbondante a tutte le profondità, e la diminuzione delle gorgonie gialle e bianche, praticamente scomparse entro i 20 metri e significativamente ridotte tra i 20 e i 40 metri di profondità.

Uno sguardo al futuro

I dati analizzati per il primo anno di progetto, provenienti dalle stazioni situate presso l'Isola d'Elba in Toscana, l'Area Marina Protetta di Portofino in Liguria e quella del Plemmirio in Sicilia, evidenziano come da Sud a Nord vi siano dei cambiamenti in atto legati all'aumento delle temperature che stanno fortemente modificando la biodiversità dei nostri mari.



I valori medi di temperatura lungo la colonna d'acqua, l'intensità delle ondate di calore osservate nel mese di giugno e agosto 2020 a Portofino e all'Isola d'Elba e la distribuzione delle specie termofile indicano un chiaro gradiente latitudinale, anche se è ormai evidente che questi fenomeni stiano interessando anche le aree più a nord e più fredde dei nostri mari. L'aumento costante negli ultimi quarant'anni delle temperature superficiali del mare e il trasferimento di calore evidenziato lungo tutta la colonna d'acqua stanno portando a cambiamenti nella biodiversità marina, con la perdita di alcune specie chiave e l'invasione di altre che meglio si adattando a un mare sempre più caldo.

Oggi più che mai la lotta ai cambiamenti climatici tramite azioni strutturali e sinergiche a livello globale è fondamentale anche per tutelare gli ecosistemi marini. Dal confronto dello stato ecologico delle comunità bentoniche e dei dati sulle morie

di massa in aree a differente livello di protezione è evidente, tuttavia, come la mitigazione e la corretta gestione delle pressioni locali, anche grazie all'istituzione di aree protette, rappresentino la miglior strategia per aumentare la resilienza degli ecosistemi marini costieri e aiutarli a fronteggiare un cambiamento che è già in atto.

I futuri monitoraggi delle temperature del mare e degli effetti del cambiamento climatico sulla biodiversità marina nell'ambito del progetto *Mare caldo*, grazie al confronto delle diverse aree entrate a far parte della rete, permetteranno di valutare in maniera comparativa come la biodiversità stia rispondendo al cambiamento, ipotizzando trend futuri e possibili misure di mitigazione coordinate a livello nazionale.

