GLI EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO NEL MEDITERRANEO

Sei storie da un mare sempre più caldo

RINGRAZIAMENTI

Scritto e curato da Evan Jeffries e Stefania Campogianni sulla base delle informazioni e dei documenti scientifici forniti dai seguenti esperti:

- Dr Paolo G. Albano PhD, Senior scientist, Stazione Zoologica Anton Dohrn, Naples.
- Professor Mohamed Nejib Daly Yahia, Department of Biological and Environmental Sciences, College of Arts and Sciences, Qatar University.
- Professor Gérard Pergent, University of Corsica Pasquale Paoli.
- Dr Lorenzo Merotto, Dr Valentina Cappanera, Portofino MPA. The activities of the Portofino MPA on climate change issues are made possible by the European Interreg MED Project MPA Engage.
- Saul Ciriaco, WWF MPA Miramare.

Vorremmo anche ringraziare le seguenti persone per il loro contributo:

Marina Cabrini, OGS Oceanography Section - MAB Group; Camille Loth, WWF MMI; Catherine Piante, WWF Francia; Giulia Prato, WWF Italia; Marina Gomei, WWF MMI; Simone Niedermueller, WWF MMI; Isabella Pratesi, WWF Italia; Roberto Danovaro, UNIVPM

Pubblicato a giugno 2021 Dal WWF

Testo 2021

Citazione di questo report:

"Gli effetti del cambiamento climatico nel Mediterraneo. Sei storie da un mare sempre più caldo" WWF Mediterraean Marine Initiative, Rome, Italy, 2021

Copertina: Joruba / iStock

Design/layout: Catherine Perry, Swim2Birds Ltd

Comunicazione: Stefania Campogianni, WWF MMI

WWF® and World Wide Fund for Nature® trademarks and ©1986 Panda Symbol are owned by WWF-World Wide Fund For Nature (formerly World Wildlife Fund). All rights reserved.

INDICE

INTRODUZIONE 03

1. UN MEDITERRANEO ORIENTALE TROPICALE? 05
2. INVASORI DISTRUTTIVI 08
3. UN MARE DI MEDUSE 11
4. LA POSIDONIA, IL NOSTRO DEPOSITO DI CARBONIO BLU IN PERICOLO 14
5. LA TEMPESTA PERFETTA PER I CORALLI 17
6. IL CROLLO DELLA POPOLAZIONE DI PINNA NOBILIS 20

RACCOMANDAZIONI 22

RIFERIMENTI CHIAVE 24

Mediterranean benthic ecosystem, Tabarka coast, Tunisia.© Michel Gunther / WWF

INTRODUZIONE

Il cambiamento climatico è la più grande minaccia che ci troviamo ad affrontare come specie – e nel Mediterraneo le temperature stanno aumentando il 20% più velocemente rispetto alla media globale[1]. Ciò sta già avendo gravi e concrete conseguenze in tutto il bacino, destinate ad aumentare nei decenni a venire, con un innalzamento del livello del mare che potrebbe superare il metro entro il 2100, con impatti su un terzo della popolazione della regione[2]. Sono necessarie azioni urgenti e significative, sia per ridurre ulteriori emissioni di gas serra, sia per adattarsi alle nuove condizioni con un mare sempre più caldo.

Il cambiamento climatico amplifica gli effetti di tutte le altre minacce sugli ecosistemi marini. Studi recenti hanno dimostrato che oltre il 90% del riscaldamento che ha interessato la Terra tra il 1971 e il 2010 ha riguardato l'oceano[3], e il Mediterraneo detiene il record per il mare che si è scaldato più velocemente, diventando peraltro sempre più salato[4].

Il bacino semi-chiuso del Mediterraneo, inoltre, è uno dei mari più sfruttati al mondo e messo a dura prova da settori economici concorrenti e dalle pressioni ambientali. La biodiversità marina è già sottoposta a enormi pressioni e sta diminuendo a causa di inquinamento, sviluppo costiero, eutrofizzazione, traffico marittimo, produzione di energia e altre attività antropiche; decenni di pesca mal gestita inoltre, hanno determinato come circa tre quarti degli stock ittici valutati siano oggi sovrasfruttati[5].

Complessivamente, la resilienza ecologica della regione è stata drasticamente ridotta da uno sviluppo insostenibile e, nonostante i 450 miliardi di dollari generati all'anno dal capitale naturale del Mediterraneo e dalle attività marine ad esso legate, il futuro socio-economico della regione è incerto.

La situazione peggiora drasticamente se a ciò si aggiungono le conseguenze del cambiamento climatico. Il Mediterraneo oggi non è più lo stesso.

Questo report fornisce una serie di casi studio che mostrano come il cambiamento climatico abbia già influenzato e alterato, talvolta irreversibilmente, gli ecosistemi marini in ogni angolo del Mediterraneo – con conseguenze sia per settori economici come pesca e turismo, sia per la nostra alimentazione e salute. Nel bacino sono ormai presenti circa 1.000[6] specie animali aliene tipiche dei mari tropicali la cui sopravvivenza e diffusione, soprattutto verso nord e ovest del bacino, sono favorite dall'aumento della temperatura media dell'acqua dovuta ai cambiamenti climatici, alterando equilibri ecologici già precari. Alcune specie native stanno anch'esse spostando i propri areali verso nord per seguire le acque più fredde, mentre altre specie endemiche sono state spinte sull'orlo dell'estinzione. Un altro effetto imputabile ai cambiamenti climatici e all'alterazione degli equilibri tra specie è la proliferazione di meduse che affligge pescatori e turisti. Il cambiamento climatico favorisce anche l'emergere di nuovi patogeni. E ancora, l'aumento di fenomeni atmosferici estremi sta devastando habitat marini fragili come quelli della Posidonia e i fondali corallini, così come l'aumento del livello del mare minaccia le coste e le città. È evidente come interi ecosistemi stiano cambiando e con essi i mezzi di sussistenza delle comunità costiere che rischiano di scomparire.

Non si tratta di proiezioni future, sono eventi che si stanno già verificando nel Mediterraneo, tutti causati o accelerati dal cambiamento climatico. È la realtà. Realtà che viene evidenziata nei casi studio presentati, snapshot circoscritti degli impatti che il cambiamento climatico sta avendo nel bacino mediterraneo. Mentre le temperature continuano ad aumentare, gli impatti continuano a crescere.

La brutta notizia è che non esiste un modo veloce per sconfiggere il cambiamento climatico; anche con un'azione globale immediata di riduzione delle emissioni di gas serra, le temperature probabilmente continuerebbero ad aumentare per decenni. Quello che possiamo e dobbiamo fare è ridurre la pressione antropica e incrementare la resilienza: ecosistemi in salute e una biodiversità ricca sono la nostra miglior difesa in un mondo sempre più caldo.

La scienza è chiara. Dobbiamo proteggere e ripristinare le risorse naturali del Mar Mediterraneo: il WWF promuove la creazione di un network di aree marine protette e di altre efficaci misure di conservazione basate sulla tutela dello spazio marino affinché entro il 2030 il 30% del Mar Mediterraneo sia protetto in modo efficace. .

L'obiettivo è ambizioso, ma lo deve essere. Questi casi studio mostrano fin troppo chiaramente l'entità della sfida che stiamo affrontando.

30%

DA COPRIRE CON AREEE MARINE PROTETTE E ALTRE EFFICACI MISURE DI CONSERVAZIONE BASATE SULLA PROTEZIONE DELLO SPAZIO MARINO ENTRO IL 2030

Sand beach on the Mediterranean coast, Corsica, France © Michel Gunther / WWF

1. UN MEDITERRANEO ORIENTALE TROPICALE?

Il Mediterraneo non è un mare tropicale – almeno, non ancora. Il processo di tropicalizzazione è invece già in fase avanzata nella parte più calda del bacino, il Mediterraneo orientale, il che permette di analizzare le potenziali conseguenze sull'intera regione nel caso di temperature sempre più alte a causa del cambiamento climatico.

Oltre a essere già sovrasfruttate, le specie native che preferiscono le acque più fredde stanno spostando i confini meridionali dei propri areali sempre più a nord. Non si sa ancora se il motivo principale sia lo stress fisiologico causato dagli eventi meteorologi estremi sempre più frequenti, il calo dei livelli di ossigeno che influenza le funzioni ecologiche, o la competizione con le specie invasive. Qualsiasi sia la ragione, le comunità di specie di alcune aree del Mediterraneo meridionale e orientale sono completamente cambiate.

Intanto nel Mediterraneo orientale, che si sta scaldando più velocemente della media globale, le specie invasive tropicali – la maggior parte delle quali arrivate attraverso il Canale di Suez – stanno espandendo i propri areali di distribuzione coerentemente con l'aumento delle temperature.

Un recente studio, effettuato nelle acque poco profonde della piattaforma continentale Israeliana – una delle aree più calde del bacino – ha messo a confronto le segnalazioni attuali e storiche di molluschi nativi ed è emerso come solo il 5-12% delle specie storicamente presenti ci siano ancora. Al contrario, specie non-indigene provenienti dal Mar Rosso sono aumentate significativamente, creando un nuovo ecosistema. Secondo Paolo Albano, il ricercatore a capo dello studio *"La assenza totale di specie mediterranee comuni e presenza ubiquitaria di specie non-indigene rendono il paesaggio marino irriconoscibile rispetto alle altre aree del Mediterraneo"*.

Ciò che è stato osservato in Israele sta probabilmente accadendo in molte altre aree: "Un piano di monitoraggio che metta a confronto la ricchezza di specie attuali e storiche è necessario per tutto il Mediterraneo orientale. In assenza di una serie di dati a lungo termine, questa ricerca ha fornito gli strumenti scientifici per identificare quali specie erano solite vivere in una determinata area, anche se oggi localmente estinte," ha continuato Albano, sottolineando come i giacimenti di organismi morti – i reperti scheletrici degli organismi che si sono depositati

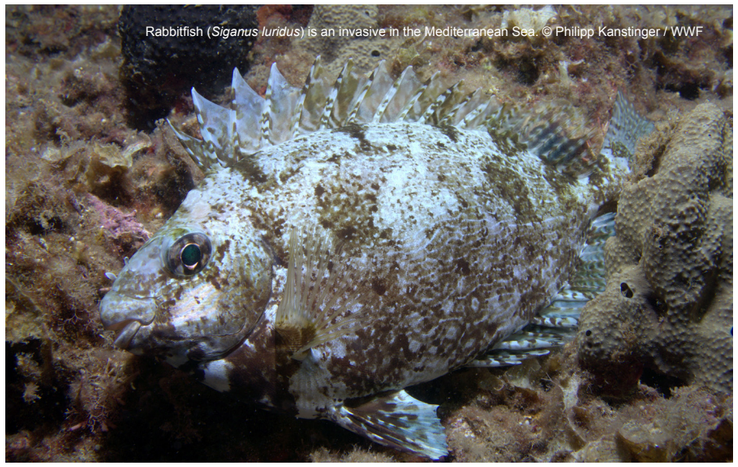
Figura 1. Il Mediterraneo orientale si sta riscaldando a un ritmo molto superiore alla media globale.

sul fondale marino – siano una risorsa inutilizzata di informazioni sugli ecosistemi marini passati.

In termini ecologici, la tropicalizzazione del Mediterraneo è un disastro in atto. Mentre specie erbivore tropicali si stanno spostando in acque prima più fredde, aree coralline precedentemente dominate da foreste algali complesse e ricche di biodiversità ("canopy") sono state trasformate. I pesci – e soprattutto i pesci coniglio – brucano indiscriminatamente la vegetazione, che non è quindi in grado di rigenerarsi prima che venga sostituita da alghe tropicali invasive. Queste alghe invasive continuano ad essere consumate dai pesci, generando i cosiddetti "turf algali" o perfino "deserti" marini.

L'impatto della perdita di foreste algali sull'ecosistema marino è enorme: una recente ricerca ha rilevato che la biomassa organica è 44 volte più bassa nei turf rispetto alle foreste algali, segnale di una perdita catastrofica di biodiversità. Anche il ciclo del carbonio può essere sconvolto da questi cambiamenti: le barriere impoverite si trasformano da depositi a sorgenti di carbonio. I turf oggi coprono più del 50% delle barriere coralline superficiali del Mediterraneo sudorientale e meno dell'1% è coperto da foreste algali native.

I cambiamenti nelle popolazioni ittiche dovuti al riscaldamento dell'acqua stanno riguardando anche le specie native mediterranee. Nel Mediterraneo occidentale, nell'AMP di Portofino (in Liguria), per esempio, i pescatori locali



Rabbitfish (*Siganus luridus*) is an invasive in the Mediterranean Sea. © Philipp Kanstinger / WWF

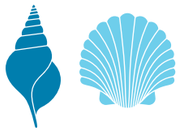
hanno segnalato un aumento di catture di barracuda *(Sphyraena viridensis)*, una specie termofila rara fino a due decenni fa e oggi diventata abbondante. Anche la cernia *(Epinephelus marginatus)* è aumentata considerevolmente nelle acque più calde del Mar Ligure, dimostrando come ora si possano riprodurre in latitudini più settentrionali.

COSA POSSIAMO FARE?

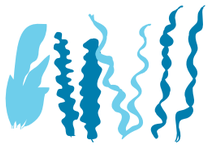
I Direttori delle AMP hanno un ruolo fondamentale. Attraverso la protezione della biodiversità e la ricostituzione degli stock (di specie) dei predatori nativi indeboliti da decenni di pesca eccessiva e dagli impatti antropici sarà possibile controllare le specie invasive e mantenere gli ecosistemi in equilibrio. Tuttavia, questo necessita di strategie di gestione proattive ed efficaci, piuttosto che la sola designazione di una AMP su carta come succede in gran parte della regione.

I pescatori possono anche contribuite a ridurre i danni, pescando direttamente le nuove specie aliene, come già stanno facendo con successo in Turchia (vedi il prossimo caso studio). Questa può essere una strategia doppiamente positiva che porta da un lato alla diminuzione del loro numero e, dall'altra, garantisce un sistema di guadagno alternativo a quello perso in seguito alla ridistribuzione delle specie native. Ciò implica un cambiamento professionale e culturale, ma l'alternativa è la perdita di mezzi di sussistenza.

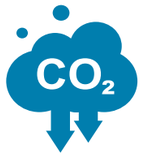
INFORMAZIONI CHIAVE



In acque Israeliane, solo il 5-12% delle specie native di molluschi è ancora presente



La biomassa organica può essere 44 volte più bassa nei turf rispetto alle foreste algali



Barriere coralline impoverite si trasformano da depositi a sorgenti di carbonio

GLI EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO 2: SPECIE INVASIVE ALTAMENTE DISTRUTTIVE - SOPRATTUTTO IL PESCE CONIGLIO E IL PESCE SCORPIONE - A CAUSA DELL'AUMENTO DELLA TEMPERATURA MEDIA DELLE ACQUE SI STANNO DIFFONDENDO NEL MEDITERRANEO, DEVASTANDO GLI ECOSISTEMI NATIVI.

A schooling of alien rabbitfish © Copyright owner / WWF-

2. INVASORI DISTRUTTIVI

Il Mediterraneo detiene un primato particolarmente negativo: è il mare più invaso del mondo. Negli ultimi decenni c'è stata un'esplosione del numero di specie aliene che si sono stabilite in tutto il bacino, con conseguenze catastrofiche per la biodiversità nativa: le interazioni con i nuovi arrivati stanno infatti distruggendo completamente gli ecosistemi.

La maggior parte di questi invasori proviene dal Mar Rosso o dall'Oceano Indiano e ha raggiunto il Mediterraneo attraverso il Canale di Suez: si pensa che 986 specie (di cui 126 di pesci)[1] siano diventate "migratori Lessepsiani", un numero destinato ad aumentare a seguito della recente espansione del Canale.

Il cambiamento climatico sta aggravando il problema. L'aumento della temperatura dell'acqua significa che i nuovi arrivati possono sopravvivere in aree sempre più estese del Mediterraneo che, solamente pochi decenni fa, sarebbero state troppo fredde. Molte specie non stanno semplicemente sopravvivendo, stanno decisamente prosperando a spese delle specie native. Per esempio, un'analisi nell'Area Marina Protetta di Gokova, in Turchia, ha mostrato che il 98% dell'intera biomassa dei pesci erbivori è composta da pesci coniglio alieni *(Siganus rivulatus e S. luridus)* e che perfino il restante 2% è costituito da pesci pappagallo il cui areale si è espanso verso le acque settentrionali ora più calde. Questa non è solamente una comunità modificata, è una comunità interamente nuova.

I pesci coniglio sono nuovi arrivati di particolare successo nel Mediterraneo. Con adulti che possono raggiungere i 12-14 cm, nuotano in ampi banchi che devastano gli habitat di specie native con le loro abitudini alimentari. Nelle aree più calde dove i pesci coniglio si sono insediati, le complesse foreste algali, che rappresentava un habitat prioritario, sono state velocemente ridotte a deserti rocciosi, diminuendo l'abbondanza delle specie native. In ottica prospettica, uno studio condotto su oltre 1.000 km di costa greca e turca ha mostrato che dove i pesci coniglio sono abbondanti, si assiste ad una riduzione del 65% di grandi piante marine, una riduzione del 60% delle alghe e altri invertebrati, e una riduzione del 40% del numero totale di specie presenti. Parallelamente, i pescatori di Kas, Turchia, hanno evidenziato come i pesci coniglio costituiscano l'80% delle loro catture.

Considerato da alcuni la specie invasiva più dannosa nota alla scienza, il pesce scorpione *(Pterois miles)* è una specie "straniera" altrettanto di successo nel Mediterraneo. Un unico individuo è stato inizialmente catturato da una rete a strascico in Israele nel 1991 ma, due decenni dopo, il pesce scorpione è stato trovato in Libano, Cipro, Turchia, Grecia, Tunisia, Siria, Italia e Libia. Oggi è un invasore altamente aggressivo che si è ormai stabilito in aree del Mediterraneo meridionale e orientale e che si sta dirigendo a occidente e settentrione verso il Mar Egeo e il Mar Ionio.

Specie generalista con potenti spine velenose, il pesce scorpione mangia grandi quantità di piccoli pesci e crostacei nativi – il suo stomaco può espandersi fino a 30 volte il suo volume originale per fare spazio a queste prede. In quanto

Figura 2. Nell'AMP di Gokova, in Turchia, il pesce coniglio rappresenta il 98% dell'intera biomassa di pesci erbivori.

The alien Lionfish *Pterois miles* © Alexis Rosenfeld / WWF

nuova specie di un ecosistema, le sue prede non sanno come difendersi. Esperienze in altre parti del mondo hanno mostrato esattamente quanti danni possa fare: nelle Bahamas, un aumento del 40% di pesci scorpioni tra il 2004-2010 è stato collegato a una riduzione del 65% del reclutamento delle specie predate. Intanto, nel Mediterraneo, analisi recenti del contenuto stomacale hanno rivelato che il 95% delle prede dei pesci scorpione include pesci nativi di importanza ecologica ed economica.

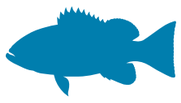
Il cambiamento climatico determina come sia forse impossibile fermare la progressiva diffusione nel Mediterraneo di pesci scorpione, pesci coniglio e altri invasori potenzialmente distruttivi. In una regione dove tante attività dipendono da ecosistemi marini in salute e diversi – pesca, turismo, subacquea ricreativa, etc. – è evidente la necessità di controllare il numero di questi alieni.

COSA POSSIAMO FARE?

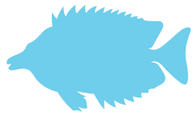
Quando si tratta di queste due specie, i pescatori hanno un ruolo importante: essendo entrambe buone da mangiare, è possibile creare una domanda nei consumatori e pescarle appositamente (vedi la Guida WWF al consumo sostenibile). Catturarle è relativamente semplice. Banchi di pesci coniglio possono essere – e sono – catturati con le reti, mentre è meglio catturare i lenti pesci scorpione uno per uno grazie ad esperti pescatori subacquei capaci di maneggiare questa specie velenosa.

Anche l'aumento dei predatori aiuterebbe a controllare il numero di queste specie – le cernie, per esempio, sono ghiotte di pesce scorpione. Ma nel Mediterraneo decenni di pesca eccessiva hanno rimosso molti dei pesci ai vertici della rete alimentare. L'aumento della dimensione e dell'efficacia delle Aree Marine Protette aiuterebbe significativamente a ricostituire gli stock ittici.

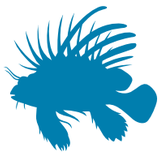
INFORMAZIONI CHIAVE



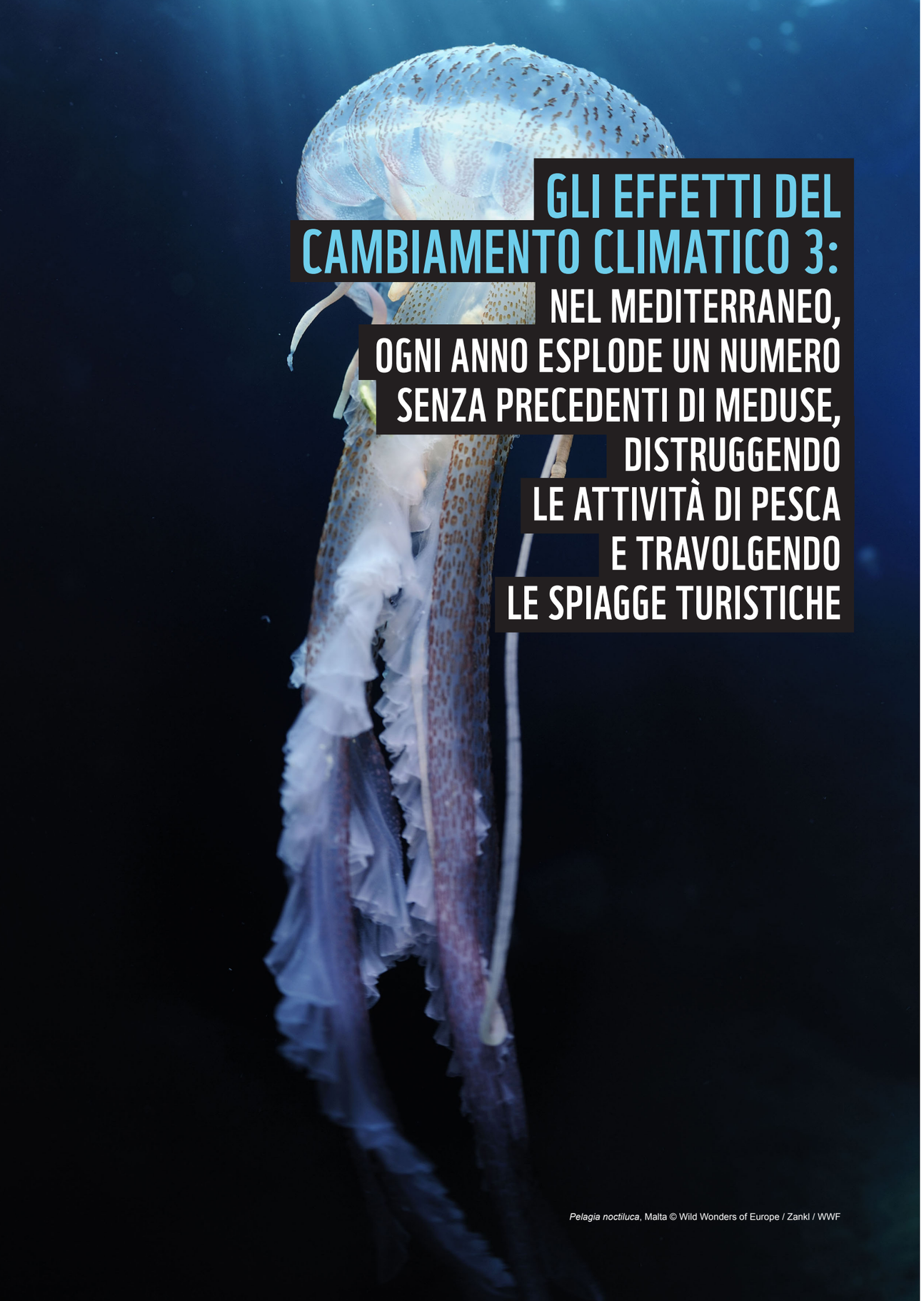
Circa 1.000 specie di pesci invasivi sono migrate nel Mediterraneo - una ogni due settimane



I pesci coniglio invasivi in alcune aree hanno causato una riduzione del 40% del numero di specie native



Il 95% delle prede del pesce scorpione è costituito da pesci nativi di importanza economica



Pelagia noctiluca, Malta © Wild Wonders of Europe / Zankl / WWF

3. UN MARE DI MEDUSE

Le meduse esistono più o meno da prima dei dinosauri. Sebbene siano creature innegabilmente strane – composte per il 96% da acqua, senza un cervello, ossa né sangue – sono comuni in tutti gli oceani e sono una componente importante di un ecosistema marino in equilibrio.

Nel momento in cui l'ecosistema non è più in equilibrio, le meduse possono diventare un problema, e questo è quello che sta accadendo dal 2003 in un Mediterraneo sempre più caldo. I bloom di meduse – durante i quali le popolazioni si riproducono e aumentano rapidamente di numero – nel passato erano eventi occasionali che si verificavano a distanza di anni mentre oggi, nelle acque meridionali, stanno avvenendo non solo ogni anno ma anche per periodi più lunghi.

L'aumento di bloom ha determinato un'esplosione del numero di meduse che sta radicalmente alterando gli ecosistemi regionali, con serie ripercussioni a catena sulla pesca e sul turismo. Quando le meduse riempiono le reti da pesca nel Mediterraneo, gli attrezzi vengono danneggiati, la loro efficacia ridotta e gli equipaggi devono investire molto tempo per sistemarle invece che catturare il pesce che fornisce loro sostentamento. Nel Golfo di Gabes, Tunisia, alcuni pescatori affermano come oggi riescano a catturare solo meduse. In Giappone, una rete a strascico di 10 tonnellate è stata recentemente affondata a causa del peso di enormi meduse che erano state catturate.

Le meduse possono essere velenose. I pescatori vengono spesso punti mentre puliscono gli attrezzi e questo è un problema crescente anche nelle mete turistiche del Mediterraneo: una spiaggia piena di meduse urticanti perde velocemente il proprio fascino e, se il numero dei visitatori crolla, le comunità locali subiscono un immediato danno economico. I bloom di meduse minacciano anche altri settori economici: possono invadere le gabbie di acquacoltura e ferire i pesci allevati; possono diventare un grave problema anche per le centrali elettriche, bloccando le prese d'acqua fondamentali per il raffreddamento dell'impianto e quindi riducono l'efficienza della produzione di energia.

Ma cosa sta causando questo aumento di meduse? Diversi sono i fattori coinvolti e il cambiamento climatico è uno dei più importanti. Temperature più elevate dell'acqua prolungano la durata dei bloom di meduse e aumentano la riproduzione invernale di alcune specie. Stanno, inoltre, rendendo il Mediterraneo più ospitale per meduse invasive provenienti dalle acque tropicali.

Parallelamente, l'eutrofizzazione dovuta all'uso eccessivo di fertilizzanti in agricoltura causa bloom di alghe marine[1] che possono creare "zone morte" con basse concentrazioni di ossigeno, in cui i pesci non possono sopravvivere, ma a cui le meduse possono facilmente adattarsi e prosperare anche per l'assenza dei predatori naturali. Le meduse mangiano lo stesso zooplancton e i copepodi di

Figura 3. Nelle acque del sud, oggi le fioriture di meduse si verificano ogni anno e durano più a lungo.

Stinging jellyfish *Pelagia noctiluca*, Mediterranean Sea, Azure coast, France © Damsea / Shutterstock

cui si nutrono anche le larve e i giovanili di specie commerciali di pesce (o anche adulti nel caso di sardine e acciughe); ne consegue che tante più meduse ci sono in generale in un sistema, meno cibo c'è per altri pesci planctivori. In più, le meduse si cibano di uova e larve di pesce, danneggiando ulteriormente il reclutamento di queste specie e diminuendo il numero di individui che raggiungono l'età adulta.

E ancora, anni di pesca eccessiva hanno distrutto molti degli stock che prima erano in competizione con le meduse per il cibo, inclusi molti squali, tonni e altri grandi pesci che spesso sono anche i loro predatori naturali. Dal momento che le meduse predano le larve di pesce, competono anche con questi grandi pesci pelagici, il che fa delle meduse i nuovi predatori apicali del Mediterraneo – un ecosistema futuro dominato dalle meduse è una possibilità reale.

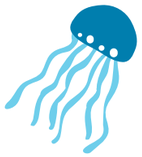
COSA POSSIAMO FARE?

Risolvere il problema delle meduse è una sfida complessa e richiede azioni coordinate su diversi fronti.

Aumentare la competizione riducendo la pesca eccessiva di specie chiave di pesci è cruciale. Alcune di queste specie di pesci mangiano anche uova e adulti di meduse. In più, l'eutrofizzazione e l'inquinamento che provengono da terra devono essere tenuti sotto controllo per ridurre l'ipossia ed eliminare le "zone morte" dove le meduse prosperano.

Nel breve periodo, le meduse sono presenti e dobbiamo adattarci. Gli operatori turistici stanno mettendo in atto alcune semplici misure, come installare delle reti intorno alle spiagge turistiche per tenere lontane le meduse. In Tunisia, i pescatori stanno iniziando a vendere le catture indesiderate, traendo ispirazione dall'Asia dove le meduse sono da tempo una fonte di cibo. C'è anche un aumento della richiesta globale di collagene per l'industria cosmetica, questo può essere estratto dalle meduse, anche se la tecnologia è ancora agli inizi.

INFORMAZIONI CHIAVE



Nelle acque meridionali, i bloom di meduse avvengono annualmente e durano più a lungo

Nel Golfo di Gabes, in Tunisia, alcuni pescatori stanno catturando più meduse che pesce

La pesca eccessiva ha ridotto i predatori delle meduse e anche molte delle specie che competono con le meduse per il cibo, lo zooplancton

GLI EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO 4:

IL RISCALDAMENTO DELLE ACQUE E L'INNALZAMENTO DEI LIVELLI DEL MARE STANNO MINACCIANDO LA SOPRAVVIVENZA DELLE VITALI PRATERIE DI POSIDONIA, CON CONSEGUENZE DISASTROSE PER LA BIODIVERSITÀ E IL "CARBONIO BLU"

Posidonia oceanica, Mediterranean coast, Tunisia © Michel Gunther / WWF

4. LA POSIDONIA, IL NOSTRO DEPOSITO DI CARBONIO BLU IN PERICOLO

La Posidonia oceanica, una pianta marina endemica del Mediterraneo, è una delle specie più importanti dell'intero ecosistema marino. Formando larghe praterie sui fondali sabbiosi fino a una profondità di circa 40 m, la Posidonia ossigena le acque e fornisce un habitat vitale per circa il 20% delle specie marine[1] che si trovano nel Mediterraneo. Riserve di biodiversità, le praterie di Posidonia sono aree nursery per molte specie di importanza commerciale che ne hanno bisogno per riprodursi e crescere i piccoli.

La Posidonia ha anche un ruolo di importanza crescente con l'avanzare del cambiamento climatico. Mentre tempeste e uragani diventano sempre più frequenti e intensi, le praterie di Posidonia riducono l'energia di onde e correnti, stabilizzando il fondale sabbioso e fissando i sedimenti. In autunno, quando il tempo peggiora, le foglie secche di questa pianta galleggiano sulla superficie, formando densi depositi sulle spiagge dove possono rimanere per anni proteggendole dell'erosione costiera.

Così come mitiga gli impatti fisici del cambiamento climatico, la Posidonia è essa stessa un deposito fondamentale di carbonio, fissando il carbonio in un fitto tappeto di foglie secche, rizomi e radici (la matte) fino a 4 m di profondità nel fondale. Si stima che le praterie di Posidonia abbiano immagazzinato l'11-42% delle emissioni totali di CO_2 dei Paesi mediterranei dai tempi della Rivoluzione Industriale: mentre il mondo si sforza per ridurre i livelli di gas serra nell'atmosfera, mantenere questo deposito intatto è essenziale.

Il suo ruolo ecologico, sensitività e vasta distribuzione fanno della Posidonia un indicatore biologico della salute del mare – e nel Mediterraneo sovrasfruttato e sovrasviluppato di oggi - questa pianta è in serio declino.

La Posidonia subisce gli effetti di alcuni impatti antropici diretti: gli ancoraggi indiscriminati nelle aree di navigazione da diporto sono la minaccia principale, distruggendo le foglie e sradicando intere piante nelle fragili praterie, cicatrici che possono impiegare anni a rimarginarsi. Anche tutti i tipi di sviluppo costiero causano gravi danni non solo alle piante, ma anche alla matte dove viene depositato il carbonio. In generale, la Posidonia prospera in acque pulite, ma inquinamento e torbidità sono in aumento nel Mediterraneo.

Le regolamentazioni e la loro applicazione possono tuttavia fare qualcosa per mitigare questi impatti. Cosa non possono fare, però, è fermare l'altra crescente minaccia alla sopravvivenza della Posidonia: il cambiamento climatico. Si prevede che lo stress termico dovuto alle temperature in aumento ne alteri la distribuzione: la sua assenza nella parte sud-est del bacino è probabilmente

Figura 4. *I campi di posidonia* riducono l'energia delle onde e delle correnti, stabilizzando il fondale marino e mettendo al sicuro i sedimenti.

dovuta proprio alla temperatura e gli scienziati hanno trovato che nelle aree occidentali la sua salute è stata compromessa a seguito dell'eccezionale aumento della temperatura.

Le temperature più elevate attirano anche nuove specie di alghe acquatiche invasive che colonizzano le praterie indebolite. Sebbene l'effetto di questi cambiamenti possa essere difficilmente prevedibile con esattezza, gli ecosistemi che ne risultano tendono ad essere meno complessi, offrendo meno supporto alla biodiversità, accumulando meno carbonio etc. L'aumento dei pesci erbivori invasivi – che seguono la diffusione delle acque più calde nel bacino – accresce ulteriormente la pressione, lasciando praterie di Posidonia un tempo in salute, oggi completamente deserte.

L'aumento del livello del mare – un altro effetto del cambiamento climatico – contribuisce a determinare la riduzione delle praterie di Posidonia nel Mediterraneo. La Posidonia ha bisogno di luce per la fotosintesi e muore se la luce non la riesce a raggiungere. Piccoli cambiamenti del livello del mare possono fare una differenza sostanziale nella quantità di luce che raggiunge i fondali in leggera pendenza.Con livelli del mare che, in alcune aree del Mediterraneo, aumentano di 6 mm l'anno, la perdita complessiva di Posidonia nel bacino è in continuo aumento[2].

"Le praterie di Posidonia oceanica hanno un enorme valore non solo ecologico, ma anche socio-economico,"

sostiene Lorenzo Merotto dell'AMP di Portofino. "La loro protezione, infatti, non solo assicura la sopravvivenza di molte specie marine, ma garantisce anche la nostra grazie a tutti i servizi ecosistemici che fornisce, dal sequestro di CO_2 alla protezione della costa, al mantenimento di popolazioni di specie ittiche. È quindi essenziale intraprendere tutte le misure necessarie per proteggere questo habitat prioritario".

COSA POSSIAMO FARE?

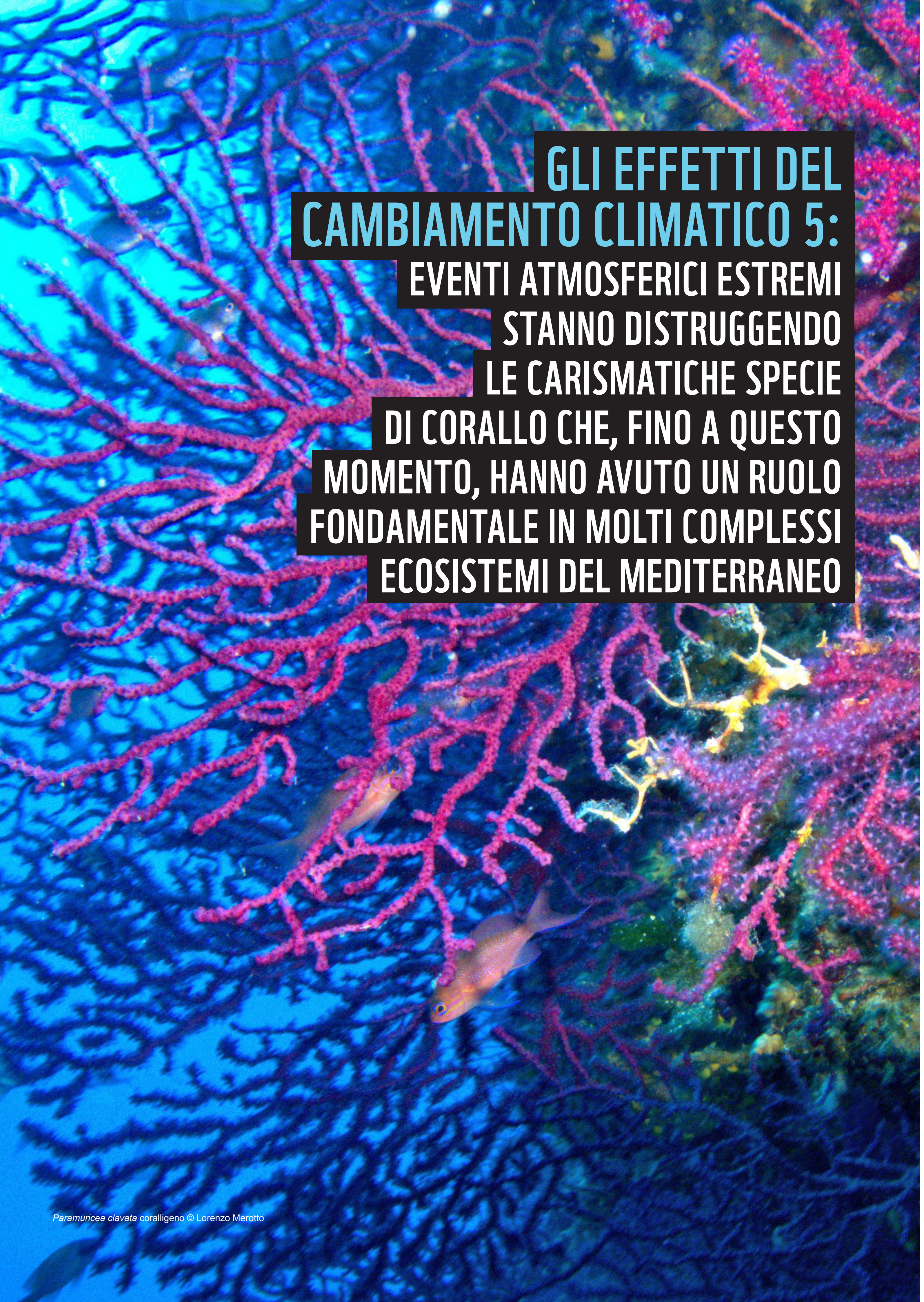
Il declino della Posidonia alimenta un ciclo vizioso: quando le praterie muoiono, i loro servizi ecosistemici vanno persi e la matte ricca di carbonio che le praterie proteggevano rimane esposta, rilasciando la CO_2 nell'atmosfera e alimentando ulteriormente il cambiamento climatico che per primo le sta danneggiando. È cruciale aumentare la protezione e migliorare la gestione delle aree dove persiste questa componente fondamentale dell'ecosistema, al fine di prevenire ancoraggi e pesca distruttivi. Gli sforzi per l'incremento della protezione marina dovrebbero privilegiare gli ecosistemi ricchi di carbonio e dovrebbero essere forniti incentivi per il ripristino, attraverso sistemi di pagamento per i servizi ecosistemici, come i crediti commerciali di carbonio e nutrienti. Infine, il contributo delle AMP nella protezione delle fanerogame dovrebbe essere riconosciuto come una Nature-based solution all'interno di contributi determinati a livello nazionale e altre rilevanti politiche climatiche per la mitigazione e l'adattamento.

INFORMAZIONI CHIAVE

La Posidonia costituisce l'habitat per il 20% delle specie marine[3] del Mediterraneo

Le praterie di Posidonia immagazzinano l'11-24% delle emissioni di CO_2 dei Paesi mediterranei

L'ancoraggio distrugge le foglie di Posidonia e sradica intere piante



Paramuricea clavata coralligeno © Lorenzo Merotto

5. LA TEMPESTA PERFETTA PER I CORALLI

Le gorgonie – anche chiamate “ventagli di mare”, sono spesse solo poche millimetri ma possono raggiungere il metro in altezza e larghezza – sono tra i coralli morbidi più belli del Mediterraneo. Sono anche tra i più importanti: questa specie che cresce lentamente forma foreste sottomarine che forniscono habitat fondamentali a supporto dei ricchi ecosistemi marini, offrendo riparo e aree nursery e resistendo alle alghe invasive. Le gorgonie sono organismi coloniali e non sono importanti solo nel mare – contribuiscono anche alle economie del Mediterraneo in quanto principale attrazione per i subacquei che apprezzano il paesaggio marino complesso e colorato che creano.

Con una bassa mortalità naturale, le gorgonie possono vivere fino a 60 anni: ora il rapido riscaldamento climatico del Mediterraneo le sta uccidendo e gli effetti ricadono su tutto l’ecosistema. Quando le gorgonie muoiono e cadono, la natura tridimensionale degli habitat si riduce: meno forme erette portano a una perdita generale di complessità dell’habitat, che a sua volta riduce la biodiversità marina e può lasciare spazio per le specie invasive.

Le gorgonie possono essere trovate in diversi ambienti del Mediterraneo. La specie più importante, la gorgonia rossa *(Paramuricea clavata)*, è tipica degli habitat coralligeni che si trovano a profondità superiori a 25 m dove l’acqua solitamente non raggiunge le alte temperature della superficie. Gli organismi che popolano questi habitat sono pertanto più suscettibili all’aumento delle temperature, cosa che li rende particolarmente vulnerabili alle ondate di calore sempre più frequenti nel bacino Mediterraneo.

I coralli di tutto il mondo sono colpiti duramente dalle temperature sempre più elevate. Mentre può essere complicato distinguere gli impatti del cambiamento climatico da altri fattori di stress, dei monitoraggi a lungo termine di complesse comunità di gorgonie hanno mostrato che periodi di veloce riscaldamento causano mortalità di massa. Studi effettuati nel Mar Ligure hanno evidenziato come gli eventi di riscaldamento iniziati negli anni ‘90 abbiano causato la mortalità di massa di gorgonie fino a una profondità di 40m. È improbabile che questo trend migliori: stime rilasciate nel 2019 hanno sottolineato come il 2014-2018 siano stati gli anni più caldi registrati nella regione, dove le temperature sono aumentate di circa 1°C rispetto alla scorsa decade.

Il cambiamento climatico, però, è molto di più che il solo aumento delle temperature marine: sta anche aumentando la frequenza e l’intensità degli

Figura 5. Le Gorgonie si trovano in vari ambienti del Mediterraneo.

eventi climatici estremi. Nonostante influenzino soprattutto gli ambienti di superficie, questi eventi possono raggiungere gli habitat più profondi e avere un effetto devastante sulle gorgonie già indebolite da altri fattori. Per esempio, nell'ottobre 2018, una forte mareggiata con venti fino a 130 km/h ha colpito il Mar Ligure[1], distruggendo quello che i ricercatori dell'Università di Genova hanno stimato essere il 30% di tutte le gorgonie dell'area. Colonie fino a 25 m di profondità sono state completamente distrutte. Parte del danno è stato dovuto ai massi crollati dalle scogliere e alle rocce capovolte dalle onde, ma anche il violento moto dell'acqua sul fondale marino ne ha danneggiato le delicate strutture. Gli attrezzi da pesca abbandonati (soprattutto lenze) che si sono impigliati intorno alle colonie più profonde costituiscono un'altra grave minaccia, sfregando contro il corallo sotto la forza del vento e delle onde e danneggiando il tessuto vivo.

Rimane ancora da vedere quali siano gli impatti a lungo termine di questa mareggiata sulle gorgonie sopravvissute – mortalità secondaria e reclutamento ridotto sono possibili. La vera questione, tuttavia, è che negli anni a venire mareggiate di questa magnitudine saranno più frequenti nel Mediterraneo a causa delle temperature in continua crescita; è quindi probabile che continuino a danneggiare le colonie rimaste. Quando comunità strutturali native vengono distrutte, alghe e altre specie

Gorgonians, Scandola MPA © Alexis Rosenfeld / WWF

hanno la possibilità di sostituirle, creando un ecosistema semplificato e meno diversificato simile ai turf algali (anche molto meno interessante per i subacquei e quindi economicamente meno importante).

COSA POSSIAMO FARE

È essenziale ridurre quanto più possibile lo stress sulle popolazioni di gorgonia rimanenti. Le AMP hanno un ruolo fondamentale nel proteggere le gorgonie, proibendo l'uso di attrezzi da pesca ricreativi e professionali che hanno un impatto sul fondale marino e regolamentando le attività subacquee che impattano gli stessi coralli su cui queste attività si basano.

Un lavoro di ricerca per ridurre il danno del clima sulle gorgonie è in corso nella AMP di Portofino. L'ampio coinvolgimento degli stakeholder è essenziale poiché la mitigazione delle pressioni antropiche è la soluzione migliore per aumentare la resilienza degli habitat di fronte alle temperature in aumento.

Sono in corso anche alcuni esperimenti di trapianto delle gorgonie ma, con le acque sempre più calde, le tempeste continuano a intensificarsi. Sarà davvero complesso riuscire a preservare le restanti gorgonie del Mediterraneo.

INFORMAZIONI CHIAVE

La gorgonia può vivere fino a 60 anni

Prolungati periodi di acque calde causano la mortalità di massa delle comunità di gorgonia

In Liguria, il 30% di tutte le gorgonie è stato distrutto da una singola mareggiata

GLI EFFETTI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO 6: L'IMPROVVISA MORTALITÀ DI MASSA DELLA CARISMATICA PINNA NOBILIS POTREBBE ESSERE DOVUTA AL RISCALDAMENTO CHE SI STA REGISTRANDO NEL MEDITERRANEO

Hermit crab walking over an open shell of *Pinna nobilis* © WWF

6. IL CROLLO DELLA POPOLAZIONE DI PINNA NOBILIS

Anche se il cambiamento climatico è un processo graduale con effetti incrementali, esso si può combinare con altri fattori di stress ambientale e trasformarsi in una crisi ecologica. Nel Mediterraneo, il cambiamento climatico è stato correlato ai recenti eventi di catastrofica mortalità di massa che hanno decimato le popolazioni di nacchere – *Pinna nobilis* – in vaste zone del loro areale.

La *Pinna nobilis* è una specie "bandiera" – il più grande bivalve endemico del Mediterraneo, e uno dei più grandi al mondo. Ha un fondamentale ruolo ecologico, contribuendo alla limpidezza dell'acqua filtrando grandi quantità di detrito, e fornisce un habitat in cui molte specie si aggregano – ne sono state trovate 146 in un solo studio[1].

I suoi filamenti di bisso – i filamenti che la ancorano al substrato – sono stati apprezzati fin dai tempi dei Romani che li usavano per decorare tessuti preziosi. Questa "seta di mare" era raccolta per usi artigianali e la specie era anche oggetto di pesca ricreativa e commerciale negli anni '80 quando le popolazioni subirono un rapido calo prima che la Pinna nobilis ricevette protezione attraverso la Convenzione di Barcellona.

Questa specie si stava riprendendo bene fino all'autunno del 2016, quando un devastante evento di mortalità di massa *(mass mortality event, MME)* ha colpito le popolazioni di *Pinna nobilis* nel Mediterraneo spagnolo, causando una mortalità del 100% in alcune aree. Nei successivi tre anni, MMEs di 80-100% si sono diffusi da ovest a est lungo le coste di Catalogna, Italia, Sicilia[2] e Corsica. Nel gennaio 2020, il team scientifico dell'AMP di Miramare (Golfo di Trieste, Italia) ha riportato una mortalità del 60%-80% delle *Pinna nobilis* dell'area[3], e altre zone di mortalità continuano ad essere individuate in molti Paesi del Mediterraneo[4]. La *Pinna nobilis* è stata dichiarata in Pericolo Critico di Estinzione (Critically Endangered, CR) sulla Lista Rossa della IUCN del 2019.

Gli MMEs si sono rivelati essere soprattutto il risultato di un patogeno, Haplosporidium pinnae, che potrebbe essersi diffuso tramite le correnti marine estive. La questione è fino a che punto il cambiamento climatico potrebbe essere stato un'ulteriore causa. Le temperature più calde potrebbero infatti favorire lo sviluppo di *H. pinnae* e, in questo caso, c'è il serio rischio che il continuo riscaldamento guidato dal cambiamento climatico possa aiutare la sua diffusione in tutto il Mediterraneo.

Questo sarebbe un disastro per le popolazioni rimanenti della carismatica nacchera. In più, il cambiamento climatico potrebbe anche influenzare direttamente la sua salute. Gli scienziati restano incerti, ma le acque più calde

Figura 6. Nel Golfo di Trieste il 60-80% della Pinna Nobilis è segnalato come morto.

Pinna nobilis @ Miramare MPA

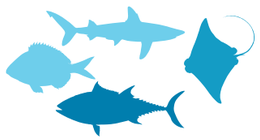
potrebbero influenzare processi come la riproduzione e il reclutamento, e diminuire il numero di giovani che sopravvive. La *Pinna nobilis* necessita inoltre di alti livelli di ossigeno e il tasso di crescita della sua conchiglia è più alto di qualsiasi altro bivalve; questa specie potrebbe quindi essere vulnerabile all'acidificazione del mare.

Il numero crescente di specie invasive – ancora una volta a causa del cambiamento climatico – rappresenta un'ulteriore sfida per le popolazioni rimanenti di *Pinna nobilis*. Queste specie invasive vanno da alghe, che potrebbero alterare le loro risorse alimentari, fino a voraci granchi che potrebbero cibarsi dei loro giovanili.

COSA POSSIAMO FARE?

La salvaguardia di questa specie "bandiera" del Mediterraneo potrebbe essere impossibile, ma tentare è un'urgente priorità di conservazione. Il trapianto di larve è una potenziale soluzione per ripopolare le aree affette dai MMEs, ma il lento tasso di crescita e i bassi livelli di reclutamento della *Pinna nobilis* la rende una prospettiva rischiosa. Rafforzare la resilienza delle popolazioni rimanenti è cruciale, ma questo implicherà la collaborazione su larga scala di molti stakeholder per affrontare tutte le diverse minacce dell'ambiente marino Mediterraneo. Il cambiamento climatico peggiora esponenzialmente il problema.

WARMING FACTS



L'habitat fornito dalla Pinna nobilis può ospitare fino a 146 diverse specie

80-100% delle popolazioni di Pinna nobilis è stato recentemente perso a causa di eventi di mortalità di massa in Spagna, Italia e altri siti Mediterranei

Il riscaldamento delle acque potrebbe influenzare la riproduzione della Pinna nobilis

RACCOMANDAZIONI DI POLICY PER L'INTEGRAZIONE DELLE AGENDE SU CLIMA, OCEANO E BIODIVERSITÀ

Oggi come mai prima d'ora le persone sono consapevoli che il clima e l'oceano siano due facce della stessa medaglia - entrambe in pericolo. Come chiaramente dimostrato dalle storie precedenti, sappiamo che il cambiamento climatico ha un serio impatto sull'oceano, e un oceano impoverito C ulteriormente gli effetti del cambiamento climatico. Sappiamo anche che proteggendo l'oceano possiamo contribuire a contrastare il cambiamento climatico e che combattendo il cambiamento climatico contribuiamo a proteggere l'oceano.

Tuttavia, la gravità del problema richiede azioni strategiche coraggiose e ambiziose che utilizzino ogni strumento e meccanismo a nostra disposizione. In un hotspot di biodiversità come il Mar Mediterraneo, gravemente colpito dal cambiamento climatico, il nesso oceano-clima deve essere centrale nelle discussioni politiche con l'obiettivo di identificare e implementare soluzioni che permettano alle persone e alla natura di prosperare. Un maggiore coordinamento tra le agende politiche rilevanti è necessario per rafforzare il potenziale di mitigazione, adattamento e resilienza degli ecosistemi marini e costieri – e di tutto e tutti quelli che da essi dipendono.

I QUATTRO PRINCIPI DEL WWF PER GUIDARE AZIONI INTEGRATE PER L'OCEANO E IL CLIMA INCLUDONO:

- **Avere una maggiore ambizione e realizzare urgentemente azioni di mitigazione più incisive e a lungo termine;**
- **Rendere la natura un elemento chiave della soluzione;**
- **Mettere le persone al centro delle soluzioni;**
- **Unire le agende finanziarie su clima e oceano.**

Sulla base di questi principi, il WWF sta chiedendo ai decisori politici di integrare l'oceano nelle agende globali e regionali sul clima, nell'ambito della COP 15 della Convenzione sulla Diversità Biologica, della COP 26 della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici e della COP 22 della Convenzione di Barcellona che si terranno nel 2021. Questo obiettivo può essere raggiunto riconoscendo e rafforzando

- Il contributo degli ecosistemi costieri e marini alla mitigazione dei gas serra;
- il contributo di protezione, ripristino e gestione degli ecosistemi costieri e marini e gli impegni di pianificazione ad essi correlati per l'adattamento e la resilienza climatici;
- la resilienza degli ecosistemi costieri e marini e delle società ed economie che da essi dipendono;
- la capacità dei Paesi in via di sviluppo costieri di rispondere agli impatti del cambiamento climatico sull'oceano sostenendo la finanza, le capacità, i processi di pianificazione inclusivi, l'educazione e il trasferimento di tecnologie.

Per l'elenco completo delle raccomandazioni si veda il report *WWF Blueprint for a Living Planet: Four Principles for Integrated Ocean-Climate Strategies* (2021) .

***Sources:** "Blueprint for a Living Planet: Four Principles for Integrated Ocean-Climate Strategies" WWF 2021 and Gomei, M., Steenbeek, J., Coll, M. and Claudet, J. 2021. 30 by 30: Scenarios to recover biodiversity and rebuild fish stocks in the Mediterranean. WWF Mediterranean Marine Initiative, Rome, Italy, 29 pp.

IL POTENZIAMENTO DELLE AMP E DELLE NATURE-BASED SOLUTIONS PER MITIGARE L'IMPATTO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

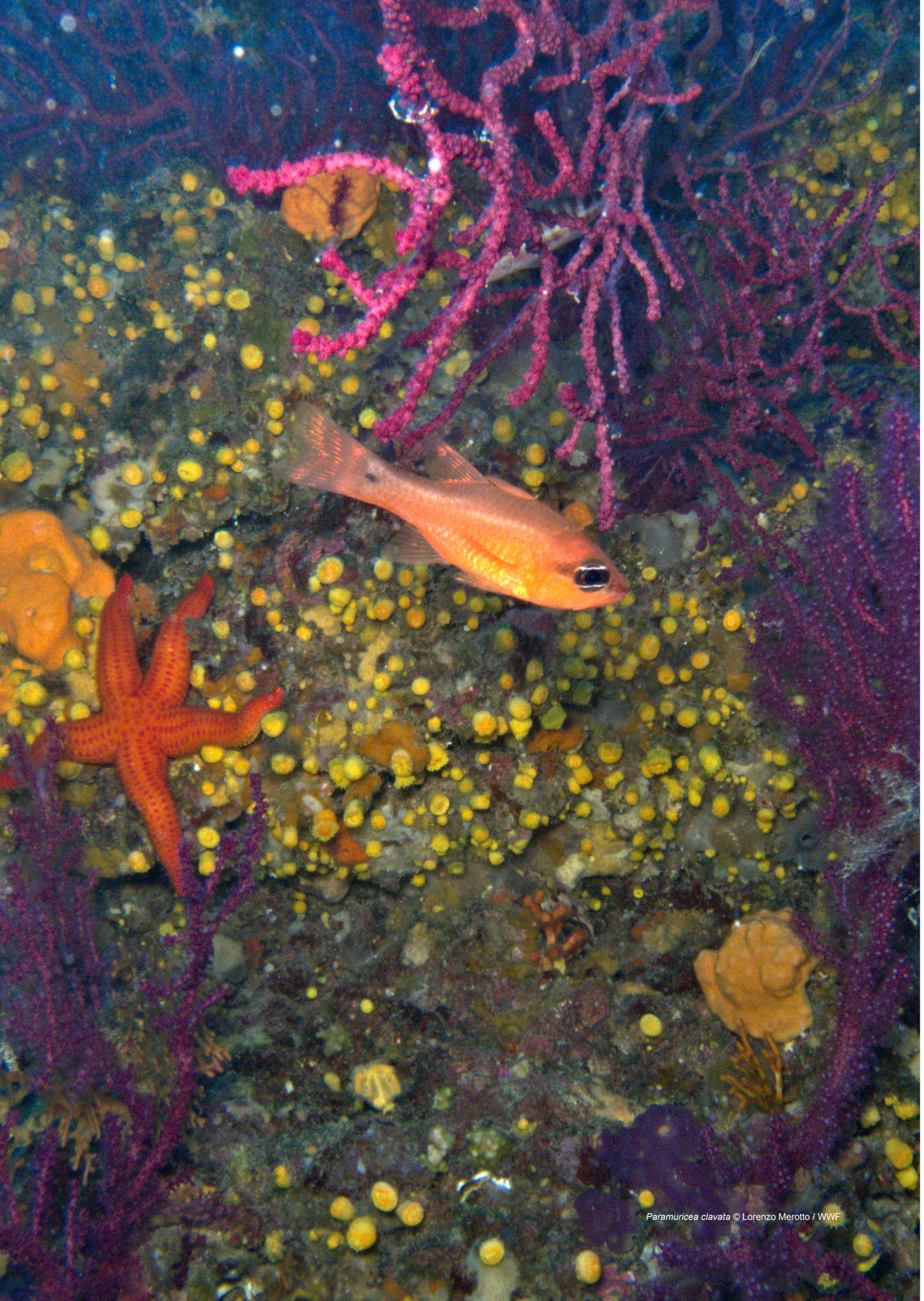
Data l'interdipendenza di clima, biodiversità e oceano è di primaria importanza che i Paesi mediterranei utilizzino efficacemente le nature-based solutions per mitigare gli impatti del cambiamento climatico, soprattutto potenziando i network di Aree Marine Protette (AMP).

Per permettere il ripristino degli ecosistemi marini e per mitigare gli effetti del cambiamento climatico, almeno il 30% del Mar Mediterraneo dovrebbe essere protetto e gestito in modo efficace ed equo e attraverso un network di AMP ecologicamente rappresentativo e ben interconnesso e altre efficaci misure di conservazione dello spazio marino (other effective area-based conservation measures, OECM).

Un network coerente di AMP e OECM può dare un contributo sostanziale all'adattamento e alla mitigazione climatica. Perché questo avvenga, devono essere adottate le seguenti misure:

- Rafforzare la resilienza degli ecosistemi marini e ripristinarne la biodiversità naturale che a sua volta favorisce l'adattamento e la mitigazione climatici, nonché la riduzione del rischio di catastrofi;
- Proteggere e ripristinare gli ecosistemi del "carbonio blu" per garantire la protezione delle coste, il sequestro di carbonio e una biodiversità resiliente; in particolare, le praterie di Posidonia sono ecosistemi altamente produttivi che rimuovono anidride carbonica dall'atmosfera, accumulandola sul fondale marino;
- Proteggere gli habitat vitali per i grandi animali marini, inclusi pesci e mammiferi marini che, durante la loro lunga vita, accumulano carbonio nei loro organismi: quando muoiono, la loro biomassa e il carbonio sequestrato sprofondano nel mare;
- Eseguire valutazioni delle vulnerabilità come parte integrante del processo di creazione di nuove AMP per verificare come il cambiamento climatico, l'acidificazione dell'oceano e le specie aliene e invasive influenzeranno gli obiettivi di conservazione della singola AMP o del network di AMP, e quanti siti di replicazione sono necessari all'interno di una data area biogeografica per salvaguardare ecosistemi particolarmente vulnerabili;
- Integrare obiettivi climatici specifici nei piani di gestione delle AMP in aggiunta agli obiettivi di conservazione della biodiversità;
- Sviluppare strategie per la mitigazione, l'adattamento e la maggior resilienza al cambiamento climatico per evitarne/mitigarne gli impatti, inclusi quelli identificati nelle valutazioni delle vulnerabilità;
- Monitorare l'efficacia della gestione delle AMP in risposta al cambiamento climatico e, se necessario, adottare misure adattative basate non solo sulla scienza, ma anche sulle conoscenze tradizionali, per raggiungere gli obiettivi climatici e di biodiversità.

European fan worms (*Sabella / Spirographis spallanzani*) Malta, Mediteranean © Wild Wonders of Europe / Zankl / WWF



Paramuricea clavata © Lorenzo Merotto / WWF

RIFERIMENTI CHIAVE

INTRODUZIONE

1. MEDEC REPORT 2020
2. https://www.ecounion.eu/en/1-st-scientific-assessment-about-climate-change-in-the-mediterranean/
3. https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-ocean-heat-content
4. https://www.enea.it/en/news-enea/news/environment-ocean-temperatures-at-a-record-high-mediterranean-sea-the-warmest-and-getting-saltier
5. Giakoumi, S. et al. 2019. Exploring the relationships between marine protected areas and invasive fish in the world's most invaded sea. *Ecological Applications*. 29. e01809. 10.1002/eap.1809.
6. FAO 2020
7. https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/hcmr-med-mar-sc/article/view/12299

2. INVASORI DISTRUTTIVI

1. https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/hcmr-med-mar-sc/article/view/12299

3. UN MARE DI MEDUSE

1. https://rucore.libraries.rutgers.edu/rutgers-lib/39567/PDF/1/play/

4. POSIDONIA

1. https://www.seaforestlife.eu/en/project/the-poseidoneto/why-posidonia-oceanica-is-so-important.html
2. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/sea-level-rise-3/assessment#:~:text=In%20the%20Mediterranean%20Sea%20there,and%20around%205%20mm%2Fyear
3. https://www.seaforestlife.eu/en/project/the-poseidoneto/why-posidonia-oceanica-is-so-important.html

5. CORALLI

1. https://www.researchgate.net/publication/338406741_Effects_of_the_2018_exceptional_storm_on_the_Paramuricea_clavata_Anthozoa_Octocorallia_population_of_the_Portofino_Promontory_Mediterranean_

6. PINNA NOBILIS

1. Associated fauna of the fan shell Pinna nobilis (Mollusca: Bivalvia) in the northern and eastern Tunisian coasts Lotfi RABAOUI ., Sabiha TLIG-ZOUARI ., Andrea cosentino . and Oum Kalthoum BEN HASSINE .
2. Qui ho tradotto letteralmente, ma non so se vuoi che rimanga "Italia, Sicilia", o solo Italia, considerando come sono elencate le altre regioni
3. http://www.riservamarinamiramare.it/images/2020/CS_WWF_AMPMiramare_moria_pinne.pdf
4. https://www.enea.it/en/news-enea/news/environment-ocean-temperatures-at-a-record-high-mediterranean-sea-the-warmest-and-getting-saltier
5. https://www.iucn.org/news/mediterranean/202103/mediterranean-noble-pen-shell-crisis-pinna-nobilis-january-2021-update6. FAO 2020

Seabirds flying in the sky and a shoal of fish in the Mediterranean Sea, Spain © Damsea / Shutterstock / WWF

WWF

Lavoriamo per sostenere il mondo naturale a beneficio delle persone e della fauna selvatica

Insieme è possibile™

wwfmmi.org

© Panda Symbol WWF - World Wide Fund For Nature (Formerly World Wildlife Fund)
© "WWF" is a Registered Trademark
WWF Mediterranean Marine Initiative - Via Po 25/c, 00198, Rome, Italy.
Follow us on Twitter: @WWF_Med & Instagram: wwf_med
Please visit our website: at wwfmmi.org