

Restaurare il pianeta blu

Roberto Danovaro

*Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente,
Università Politecnica delle Marche, Italia
National Biodiversity Future Centre (NBFC) Italia*

Restaurare gli ecosistemi distrutti dall'azione dell'Uomo è una delle più grandi sfide del futuro. L'Uomo ha alterato o distrutto oltre il 75% degli habitat naturali terrestri, alterato 2/3 degli oceani. Sono stati danneggiati in maniera significativa tutti gli ambienti marini più vulnerabili e ricchi di biodiversità, a partire da mangrove, scogliere coralline, praterie di fanerogame. Nel decennio dedicato dalle Nazioni Unite al "Restauro degli Ecosistemi" e alla "Scienza degli Oceani per lo Sviluppo Sostenibile" si indica la necessità di affrontare con urgenza anche il restauro degli habitat marini. Tuttavia, il rischio è che non si abbiano ancora informazioni sufficienti per operare il restauro degli ambienti marini. Identificare le storie di successo nel ripristino degli ecosistemi marini e incentivare gli investimenti nel restauro ecologico, sono le chiavi per promuovere il recupero della biodiversità e dei servizi ecosistemici. In moltissime parti del mondo gli interventi di restauro di habitat marini stanno registrando un grande successo (circa il 70%), anche grazie allo sviluppo di nuovi approcci e tecnologie che renderanno sempre più economicamente vantaggiosi questi interventi, permettendo di operare su scale spaziali più ampie, anche in ambienti marini profondi. Tuttavia, resta ancora molto lavoro da

fare per comunicare la necessità di intervenire e spiegare gli enormi benefici alla Natura, all'Economia e alla Salute che possono essere realizzati attraverso il restauro ecosistemico.

Dai (tanti) problemi alle Soluzioni

L'oceano stabilizza il clima, immagazzina carbonio, produce ossigeno, promuove la biodiversità, e supporta direttamente il benessere dell'umanità grazie a cibo, minerali, e fonti energetiche; garantisce anche servizi culturali e ricreazionali [1]. Per tutti questi e altri benefici, l'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (*Organization for Economic Cooperation and Development*, OECD) (trasporto, pesca, turismo ed energia) ha stimato che l'oceano genera 3 trilioni di dollari ogni anno [2] a cui si sommano incalcolabili valori potenziali e intangibili.

Gli impatti dell'Uomo sulla Natura sono diventati evidenti negli ultimi 150 anni e ulteriormente aumentati negli ultimi 50 anni raggiungendo livelli senza precedenti. Gli esseri umani, attraverso molteplici e sinergici impatti diretti e indiretti (sviluppo globale delle infrastrutture, estrazione delle risorse biotiche ed abiotiche, inquinamento e cambiamenti climatici), sono responsabili della progressiva degradazione e perdita di larga parte degli ecosistemi naturali con conseguente perdita di biodiversità [3]. Questi impatti stanno compromettendo il funzionamento degli ecosistemi marini [4, 5]. Oggi, siamo più consapevoli anche delle conseguenze dei cambiamenti clima-



Figura 1: Impatti multipli che provocano il degrado o la distruzione degli habitat marini: a) segni di reti da traino sul fondo marino; b) scarico di acque da acquacoltura o impianti di desalinizzazione; c) introduzione di specie non indigene (*Caulerpa* sp.); d) rifiuti marini (plastica e altri rifiuti lungo le spiagge); e) pesca eccessiva di specie target; f) reti fantasma e tramagli su fondali duri (Foto di Chris Smith (a, d); Thanos Dailianis (b, f); Donat Petricioli (c); EPILEXIS/HCMR (e)).

tici e della loro capacità di trasformazione degli ecosistemi marini (Figura 1). Collettivamente, questi impatti hanno già causato il declino in termini di abbondanza di grandi specie marine (principalmente megafauna), il declino della biodiversità locale, l’invasione di specie aliene e hanno ridotto la capacità degli oceani di fornire beni e servizi ecosistemici.

Molti habitat costieri hanno bisogno urgentemente di protezione; praterie di fanerogame marine, barriere coralline, e foreste di kelp sono diminuiti spazialmente dal 25 all’80% o anche più, a seconda del luogo. Le scogliere coralline, ad esempio, sono particolarmente minacciate con ulteriori diminuzioni previste del 70-90% se la temperatura aumenterà, come previsto entro il 2100, di 1.5°C, e con perdite maggiori a 2°C [6]. Alcuni studi hanno documentato un declino del 35% sia negli habitat naturali marini/costieri che nelle zone umide interne tra il 1970 e il 2015 [7]. Il degrado delle praterie di fanerogame ha compromesso alcuni servizi ecosistemici essenziali, come la protezione costiera e il sequestro

del carbonio.

L’ONU si è impegnata a fermare e invertire il declino della salute e della produttività dell’oceano e dei suoi ecosistemi a livello globale, nonché di proteggere e ripristinare la sua resilienza e integrità ecologica. L’Assemblea Generale delle Nazioni Unite ha dedicato il decennio 2021-2030 alla Scienza degli Oceani per lo Sviluppo Sostenibile e al Restauro degli Ecosistemi proprio per supportare e intensificare gli sforzi volti ad arrestare la degradazione degli ecosistemi di tutto il mondo e a sviluppare la ricerca nel settore marino per rendere sostenibile il suo utilizzo. Appare sempre più urgente lo sviluppo di politiche di protezione degli ecosistemi e l’Agenda 2030 delle Nazioni Unite ha fissato l’obiettivo di proteggere il 30% di mari e oceani entro l’anno 2030, ma molti ambienti marini sono ormai talmente degradati da rendere impossibile o troppo lento un recupero senza l’intervento umano: richiedono azioni di restauro attive.



Figura 2: Immagine schematica delle soluzioni per invertire l’attuale degradazione dell’ecosistema marino: approccio concentrico che abbraccia dalla rimozione dei contaminanti e mitigazione del cambiamento climatico al restauro degli habitat marini degradati.

Le Nazioni Unite (Assemblea Generale dell’ONU 2019) hanno definito il restauro dell’ecosistema come

“assistenza nel recupero di ecosistemi degradati, danneggiati e distrutti per recuperare la funzionalità ecologica e

fornire i beni e i servizi che le persone apprezzano”.

Il Restauro degli Ecosistemi contribuirà anche all'Accordo di Parigi adottato nell'ambito della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici e al raggiungimento dell'Aichi Biodiversity Targets e del quadro globale sulla biodiversità post-2020. Queste iniziative di ripristino incoraggiano tutti i paesi a:

- i) mobilitare risorse, potenziamento delle capacità, e ricerca scientifica, cooperazione, e slancio per il ripristino dell'ecosistema a livello globale, regionale, nazionale, e locale;
- ii) integrare il ripristino dell'ecosistema in politiche e piani per affrontare le attuali priorità e sfide di sviluppo nazionali risultanti dalla degradazione degli ecosistemi marini e terrestri, come perdita di biodiversità e vulnerabilità ai cambiamenti climatici, creando così opportunità per gli ecosistemi di aumentare le loro capacità adattative e migliorare le opportunità di mantenere e i migliori mezzi di sussistenza per tutti;
- iii) sviluppare e rafforzare le iniziative di restauro esistenti al fine di ampliare le buone pratiche;
- iv) promuovere la condivisione di esperienze e buone pratiche in materia di conservazione e ripristino degli ecosistemi.

Esistono tre livelli di risposte per contrastare e invertire l'attuale trend di perdita di habitat e biodiversità nell'oceano: il cosiddetto “inquinamento zero” che può essere tradotto nella rimozione dei contaminanti (inclusi plastica e contaminanti emergenti) e delle fonti di contaminazione degli ecosistemi marini. La rimozione dei fattori di stress degli ecosistemi marini deve necessariamente includere le azioni per 1) mitigare il cambiamento climatico; 2) proteggere gli habitat originari per favorire il recupero delle specie e delle popolazioni; 3) restaurare gli habitat degradati (Figura 2).

Molti governi del mondo e l'Unione Europea (anche attraverso apposite leggi come la “*Nature Restoration Law*”) stanno promuovendo il restauro ecologico come una risposta diretta al degrado e alla distruzione degli ecosistemi, necessario ad

aiutare a proteggere la biodiversità, a migliorare la salute degli ecosistemi e il benessere umano. Il restauro ecologico aumenta la sicurezza alimentare e idrica, fornisce beni, servizi e prosperità economica e sostiene la mitigazione dei cambiamenti climatici [8].

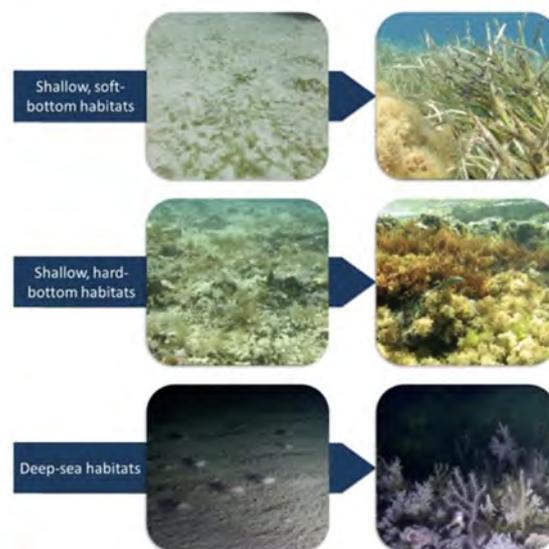


Figura 3: Rappresentazione schematica dell'obiettivo del restauro: invertire gli effetti del degrado e convertire gli habitat degradati in habitat diversificati. Le immagini illustrano: i) restauro di praterie di fanerogame marine (sopra); ii) ripristino di foreste algali (in mezzo); iii) restauro di habitat di acque profonde (sotto).

Restauro ecologico passivo e attivo

Gli Standard Internazionali per la Pratica del Restauro Ecologico [8] indicano il **restauro** come processo di “recupero di ecosistemi degradati, danneggiati o distrutti”, mentre per **recupero di un ecosistema** si intende il raggiungimento di condizioni simili a quelle iniziali o a quelle di un ecosistema di riferimento, in termini di composizione specifica, struttura e funzionale dell'ecosistema (si veda la Figura 3 e gli inserti).

Possiamo parlare sia di **restauro attivo** sia **passivo**. Il **restauro attivo** si basa su interventi attivi, mirati a ricreare un habitat simile a quello originario. Il **restauro passivo** invece sfrutta la resilienza spontanea di un ecosistema e si opera semplicemente rimuovendo le cause di stress o

Glossario del Restauro Ecosistemico(I)

- **Attività di restauro.** Qualsiasi azione, intervento o trattamento inteso a promuovere il recupero di un ecosistema o di una componente di un ecosistema, incluse le alterazioni del substrato naturale, il controllo delle specie invasive, la struttura dell'habitat, la reintroduzione di specie localmente estinte.
- **Condizioni originarie.** La condizione di un sito di restauro prima degli eventi che lo hanno danneggiato.
- **Continuum ristorativo (Restorative continuum).** Spettro di attività che, direttamente o indirettamente, promuovono, almeno fino a un certo punto, il recupero degli attributi ecosistemici perduti o compromessi.
- **Danno (all'ecosistema).** Un impatto deleterio acuto ed evidente su un ecosistema, spesso associato a mortalità di organismi e/o perdita di habitat.
- **Degradazione (di un ecosistema).** Livello di alterazione degli ecosistemi con perdita di biodiversità, semplificazione della struttura ecosistemica e disfunzionamento, che in genere porta a una riduzione del flusso di servizi ecosistemici.
- **Distruzione (di un ecosistema).** Quando la degradazione o il danno rimuovono tutta la vita macroscopica, e ne alterano in modo significativo l'ambiente fisico.
- **Indicatori (di recupero).** Caratteristiche di un ecosistema che si possono utilizzare per misurare l'efficacia del restauro in un determinato sito (ad esempio: misure di presenza/assenza di specie, qualità di componenti biotiche o abiotiche dell'ecosistema).
- **Recupero.** Processo (parziale o completo) mediante il quale un ecosistema recupera la sua composizione, struttura e funzione rispetto ai livelli identificati per l'ecosistema integro di riferimento.

disturbo che subisce e proteggendolo. La **riabilitazione** invece si pone come obiettivo quello di recuperare le caratteristiche strutturali o funzionali danneggiate da un impatto, e di migliorare il valore sociale ed economico del nuovo ecosistema. Si tratta di un obiettivo meno ambizioso del restauro attivo perché può non raggiungere il pieno recupero dei processi e il ritorno alle condizioni di pre-disturbo.

Il restauro completo di un habitat degradato richiede diversi passaggi, ciascuno dei quali consiste in una serie di azioni e pratiche: a) riduzione degli impatti sociali, b) rimediazione, c) riabilitazione, d) restauro ecologico. Tuttavia, gli esperti del restauro ecologico hanno abbandonato l'idea di un totale recupero, poiché un intervento di restauro può portare l'habitat danneggiato a un percorso di recupero diverso rispetto a quello dell'ecosistema originario.

Storicamente, la ricerca sulle migliori pratiche di restauro ecologico si è focalizzata sugli ecosistemi terrestri e sebbene alcuni dei principi base siano potenzialmente utili a quelli marini, il restauro di questi ultimi ha necessità e caratteristiche profondamente diverse. Per esempio, ora sappiamo che il restauro di un ecosistema marino degradato richiede più risorse e tecnologie rispetto a quello terrestre. Inoltre, cambia profondamente da habitat ad habitat, ragione per cui le azioni di restauro in ambiente marino richiederanno differenti strategie e metodologie.

Sono 4 i principali vincoli che ostacolano il restauro dell'ecosistema marino su ampia scala: 1) tempi lunghi (a volte di diversi decenni) necessari per raggiungere gli obiettivi di restauro; 2) elevati costi per operare in mare; 3) disponibilità di attrezzature e di tecnologie sofisticate, in particolare per gli ambienti marini profondi; e 4) la

Glossario del Restauro Ecosistemico (II)

- **Resilienza.** Il grado e il tempo di recupero delle proprietà dell'ecosistema / popolamento / popolazione dopo la cessazione delle cause di disturbo, siano esse naturali o antropiche. Nelle comunità vegetali e animali, questa proprietà dipende fortemente dagli adattamenti delle singole specie a disturbi o stress sperimentati durante l'evoluzione della specie.
- **Restauro ecologico attivo.** Reintroduzione di specie localmente perse e assistenza al recupero di un ecosistema degradato, danneggiato o distrutto. Il restauro ecologico si focalizza sulla biodiversità e l'integrità ecologica.
- **Riabilitazione.** Azioni di gestione che mirano a ripristinare un livello di funzionamento dell'ecosistema nei siti degradati, laddove l'obiettivo è la fornitura rinnovata e continua di servizi ecosistemici anziché la biodiversità e l'integrità di un ecosistema di riferimento nativo designato.
- **Rigenerazione assistita.** Un approccio di restauro che punta ad innescare attivamente qualsiasi capacità di rigenerazione naturale del biota nel sito o nelle vicinanze, diverso dal reintrodurre il biota nel sito o lasciare il sito a rigenerarsi. Gli interventi possono includere la rimozione di organismi nocivi e l'installazione di strutture che favoriscono una rapida colonizzazione.
- **Rigenerazione naturale.** Ricolonizzazione da parte del biota compreso le piante, gli animali ed il microbiota, che non coinvolge l'intervento umano.
- **Traslocazione.** Il trasporto intenzionale (da parte dell'uomo) di organismi (generalmente specie strutturanti l'habitat) in un luogo diverso da quello originario per restaurare un habitat degradato.

difficoltà di effettuare il restauro su scale spaziali sufficientemente grandi per ottenere un impatto ecologico significativo.

Restauro di habitat marini fragili o vulnerabili

Tra gli habitat costieri e di acque profonde più fragili e vulnerabili in Mediterraneo sono inclusi:

- a) Le praterie di fanerogame (*Zostera marina*, *Z. noltii*, *Cymodocea nodosa*, *Posidonia oceanica*).
- b) Le foreste di alghe.
- c) Il coralligeno (come *Corallium rubrum*, *Paramuricea clavata*, *Eunicella singularis*, *E. cavolini*).
- d) I coralli bianchi profondi (*Callogorgia verticillata*, *Paracalyptrophora josephinae*, *Viminella*

flagellum, *Desmophyllum pertusum*), che abitano i canyons e le montagne sottomarine (Figura 4).

In ambito internazionale, invece i maggiori sforzi si sono rivolti alle scogliere coralline, ai mangrovieti e alle foreste di kelp.

Il restauro ecologico può essere effettuato con differenti pratiche, come la traslocazione delle specie (compreso il trapianto), la semina e la rimozione del pascolo, l'uso di substrati artificiali (o biodegradabili), o la re-introduzione di specie autoctone che possono facilitare il recupero di particolari specie minacciate e habitat (Figura 5).

In generale esistono tre principali approcci: 1) restauro strutturale; 2) restauro fisico e 3) restauro biologico. Il **restauro strutturale** prevede la costruzione di strutture di habitat, in questo caso barriere artificiali. Lo scopo del restauro strutturale è di migliorare la struttura 3D degli habitat disponibili per le specie che colonizzano questi

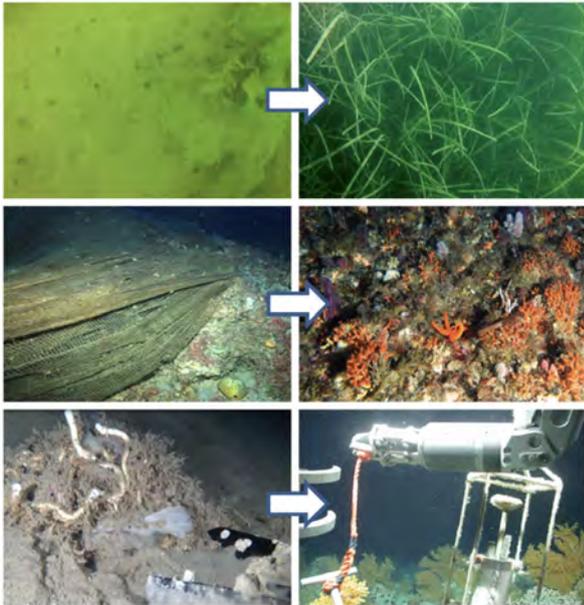


Figura 4: Tra i progetti pilota di successo che hanno utilizzato azioni di restauro per invertire gli habitat degradati si annoverano praterie di fanerogame marine (pannelli superiori), affioramenti coralligeni (pannelli centrali) e habitat di acque profonde (pannelli inferiori).



Figura 5: Lavoro sul campo con allevamento in situ di gorgonie (a sinistra) e preparazione di interventi di restauro di praterie sommerse (a destra) con operatori scientifici subacquei.

ambienti. Gli ambienti in cui un disturbo ha portato al danneggiamento fisico di un habitat, in generale, richiedono un restauro strutturale. Il **restauro fisico** tende a controllare le condizioni ambientali in cui crescono gli organismi, al fine di migliorare la loro salute, i tassi di crescita, o l'abilità riproduttiva. Il **restauro biologico** di solito consiste nella raccolta di organismi da un ambiente sano/integro, e il loro trapianto in un ambiente degradato. Ad esempio nel restauro delle barriere coralline si può impiegare "coral gardening" ("giardinaggio del corallo") per poi ricollocare i coralli cresciuti nell'ambiente da restaurare. Si tratta di un approccio simile alle piantagioni forestali terrestri [9, 10, 11] (Figura 6).

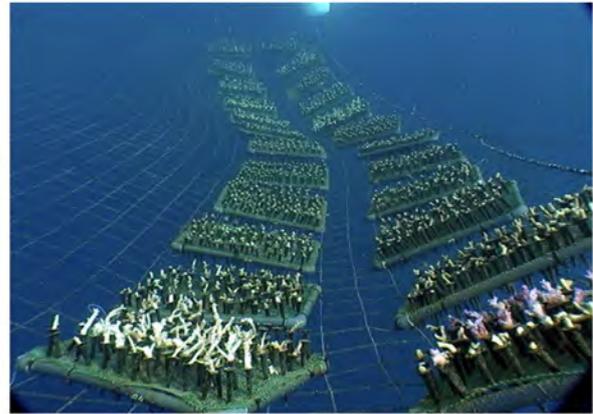


Figura 6: Un esempio di nursery subacquee di corallo per l'allevamento di protuberanze di corallo prima del trapianto (Foto di Buki Rinchevich, progetto REEFRES).

Il successo delle azioni di restauro, come ci si può attendere, cambia da ecosistema a ecosistema. Recenti studi hanno però dimostrato che per aumentare il successo di restauro non basta reintrodurre singole specie ma si devono ricreare le complesse interazioni che sono presenti in un ecosistema, partendo dalle specie **ingegnere degli ecosistemi** ovvero specie in grado di formare un habitat (ad es., [12, 13]).

Di seguito alcuni esempi di restauro di habitat di particolare interesse per il futuro.

Restauro delle praterie di fanerogame marine

L'estrema vulnerabilità delle praterie di fanerogame marine agli stress antropici sottolinea l'importanza di ridurre o rimuovere questi fattori, come ad esempio l'eutrofizzazione su scala locale, l'ancoraggio, la piccola pesca e le altre attività responsabili della rimozione di porzioni di prateria. Le tecniche di restauro possono variare fra le diverse specie di fanerogame. Per esempio, *Posidonia oceanica*, una specie a crescita lenta, richiede scale temporali più lunghe per il recupero rispetto a *Cymodocea nodosa* e *Zostera marina*, le quali mostrano crescita clonale più rapida. Il restauro delle fanerogame generalmente utilizza due approcci: 1) trapiantare una porzione di fanerogama sana in una località degradata (sia singoli rizomi sia un'intera porzione dell'habitat); 2) con l'impianto di *plantulae* (piante giovani derivate da semi di fanerogame coltivate) in habitat degradati. Recenti studi hanno dimo-
 strato

to che esistono interazioni positive tra bivalvi e fanerogame [12]. Le piante, infatti, favoriscono la sopravvivenza dei bivalvi fornendo substrato e riparo, mentre i bivalvi facilitano la crescita delle piante stabilizzando e fertilizzando i sedimenti, e riducendo la torbidità dell'acqua attraverso la filtrazione.



Figura 7: Esempio di tecniche raccolta di propaguli di *Cystoseira*. Quando i propaguli crescono sulle basi fino a raggiungere una dimensione visibile (pochi cm) vengono trasferiti nel sito ricevente dove, crescendo, possono colonizzare nuove superfici (Foto di Silvia Bianchelli e Marco Lo Martire, Progetto AFRIMED).

Restauro delle foreste macroalgali

Gli habitat di macroalghe erette hanno mostrato una significativa diminuzione della loro estensione in diverse aree del Mediterraneo. Il restauro attivo delle macroalghe può essere effettuato con la coltivazione dei propaguli su substrati appropriati e trapiantandoli negli habitat riceventi (Figura 7). Questo approccio può essere combinato con l'eradicazione dei ricci di mare che con il loro pascolo possono compromettere il restauro.

Restauro degli habitat a coralligeno

Gli impatti meccanici, soprattutto quelli dovuti ad attività di pesca, unitamente ai cambiamenti climatici, stanno mettendo a rischio gli habitat a coralligeno. Il restauro attivo su fondali duri generalmente è focalizzato sul recupero di specie



Figura 8: Trapianto di invertebrati sessili: spugne, gorgonie e coralli rossi, vengono prelevati da siti donatori e trapiantati sui substrati da restaurare. (Foto di Carlo Cerrano, Progetto MERCES).

strutturanti, ovvero specie che possono creare un habitat in grado di ospitare molte altre specie. Il restauro di gorgonie, coralli rossi, spugne, avviene con il trapianto, una tecnica semplice e con buoni tassi di successo (Figura 8). In alcuni casi, tuttavia, sono necessari tempi lunghi, anche decenni per gli ottocoralli. Altri taxa, come i briozoi mostrano tassi di crescita molto più rapidi e possono mostrare effetti rilevanti in cinque-dieci anni. La profondità rappresenta il limite principale per il restauro di habitat dei fondali duri (30-40 m) e richiedono utilizzo di sub con notevole esperienza. Gli ambienti più profondi richiedono utilizzo di tecnologie differenti per motivi di sicurezza.

Restauro degli habitat marini profondi

Il restauro ecologico degli habitat di ambienti profondi è particolarmente difficile e costoso, in quanto richiede tecnologie subacquee avanzate, infrastrutture e logistiche complesse, rispetto agli ambienti poco profondi. In futuro è possibile immaginare un'applicazione ampia di queste tecnologie nel restauro di habitat vulnerabili e critici in acque profonde, come i coralli profondi e le foreste di coralli, o le oasi idrotermali e le sorgenti di metano profonde. Le principali tecniche di restauro includono l'utilizzo di tecniche di trapianto (a seguito di allevamento e acclimatazione; Figura 9), o l'utilizzo di habitat artificiali che migliorano la selezione larvale di alcune specie profonde. Recentemente è stato attuato con successo la tecnica definita **Badminton**, consistente nel recupero di coralli e altri organi-

smi profondi rimasti accidentalmente impigliati nelle reti dei pescatori e la loro ricollocazione in mare dopo averli ancorati su appositi substrati. Il restauro attivo degli ecosistemi marini profondi può essere effettuato in pochi anni, anziché decenni o secoli, con il solo approccio passivo. Tuttavia, una combinazione di attività di restauro passivo e attivo può ottimizzare il successo del restauro e ridurre i costi.



Figura 9: Coral gardening per successivo trapianto di invertebrati sessili nel mare profondo (Disegno di Michael Tangherlini, Progetto MERCES).

Il futuro del restauro degli ecosistemi marini

Il restauro degli ecosistemi marini richiede un aggiornamento continuo delle metodologie per essere in grado di migliorarne il successo anche in un contesto di cambiamento climatico e espansione urbana e umana a mare. Le azioni di restauro dovrebbero essere supportate da azioni in grado di ridurre le pressioni antropiche e una maggiore protezione degli ambienti marini.

La “Biodiversity Strategy 2050” promuove la protezione del capitale naturale e il restauro degli habitat marini e della loro biodiversità per il loro essenziale contributo al benessere umano e prosperità economica. La salute dei mari offre molteplici benefici e servizi ecosistemici, compreso il mantenimento della salute ambientale, l’approvvigionamento alimentare, l’abbattimento degli inquinanti, e altri prodotti necessari per il nostro benessere, oltre che benefici culturali, educativi, e ricreazionali.

Nonostante le azioni di restauro degli ecosistemi marini stiano registrando una forte espansione in molte aree del mondo, il loro tasso di

successo varia enormemente. Le ragioni di queste differenze variano dalla biologia ed ecologia delle specie, dalle loro interazioni e dalle aree di intervento. Da qui la necessità di sviluppare metodologie robuste ed efficaci per il restauro degli habitat marini, in grado di fornire tutti i potenziali benefici di conservazione e socio-economici.

Massimizzare l’impatto e l’efficienza degli sforzi di restauro richiede sicuramente un migliore coordinamento tra azioni e politiche nazionali e internazionali. L’Agenda 2030 delle Nazioni Unite offre un’opportunità senza precedenti di avviare un processo di restauro di mari e oceani a larga scala anche come strumento di rilancio di un’economia blu sostenibile [14].



- [1] L. Pendleton, K. Evans, M. Visbeck: *Opinion: We need a global movement to transform ocean science for a better world*, P. Nat. Acad. Sci. USA, 117 (2020) 9652.
- [2] OECD, Development Co-operation Report 2023: Debating the Aid System, OECD Publishing, Paris (2023), <https://doi.org/10.1787/f6edc3c2-en>
- [3] UN DESA. The Sustainable Development Goals Report 2016, New York, USA (2016): UN DESA. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2016/>
- [4] V. Gerovasileiou et al.: *Habitat mapping in the European Seas - is it fit for purpose in the marine restoration agenda?*, Marine Policy, 106 (2019) 103521.
- [5] T. Bekkby et al.: *Habitat Features and Their Influence on the Restoration Potential of Marine Habitats in Europe*, Front. Mar. Sci., 7 (2020) 184.
- [6] D. Souter et al.: *Status of coral reefs of the world: 2020 report*, Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN) and International Coral Reef Initiative (ICRI). (eds) (2021).
- [7] R. Gardner et al.: *Global Wetland Outlook: State of the World’s Wetlands and Their Services to People*. (2018). <https://medwet.org/publications/ramsar-global-wetland-outlook-2018/>
- [8] G.D. Gann et al.: *International principles and standards for the practice of ecological restoration*. Second edition. Restoration Ecology (2019) S1-S46
- [9] B. Rinkevich: *Conservation of coral reefs through active restoration measures: recent approaches and last decade progress*, Environmental Science & Technology, 39 (2005) 4333.
- [10] B. Rinkevich: *The coral gardening concept and the use of underwater nurseries; lesson learned from silvics and silviculture* W.F. Precht (Ed.), Coral Reef Restoration Handbook, CRC Press, Boca Raton, Florida (2006), 291.

- [11] B. Rinkevich: *Management of coral reefs: we have gone wrong when neglecting active reef restoration*, Marine Pollution Bulletin, 56 (2008) .
- [12] K. Gagnon et al.: , Facilitating foundation species: The potential for plant-bivalve interactions to improve habitat restoration success, J. Appl. Ecol. (57) 2020. 1161
- [13] S. Reeves et al.: *How Positive Species Interactions Can Improve Oyster Reef Restoration*, Frontiers in Marine Science, 7 (2020) 10.3389.
- [14] World Bank, 2017. World Bank The potential of the Blue Economy: *Increasing long-term benefits of the sustainable use of marine resources for small island developing states and coastal least developed countries*. World Bank, Washington DC (2017), 6.



Roberto Danovaro: è professore di Biologia marina, Restauro Ecosistemi Marini e Sostenibilità ambientale presso l'Università Politecnica delle Marche. Dal 2013 al 2022 è stato Presidente della Stazione Zoologica Anton Dohrn, Istituto Nazionale di Biologia Ecologia e Biotecnologie Marine. Past-President della Società Italiana di Ecologia, della Società Italiana di Limnologia e Oceanografia e della Federazione Europea delle Società Scientifiche. Membro dell'Accademia Europaea e membro dell'Accademia delle Scienze EU. Membro dell'Inspiration Board di Slow Food. È autore di oltre circa 500 pubblicazioni e diversi libri scientifici e divulgativi. Top Italian Scientists nel settore Natural & Environmental Sciences, ha ricevuto numerosi premi e riconoscimenti internazionale (BMC Biology, Società Francese di Oceanografia e ENI Award "Protezione dell'Ambiente". ExpertScape lo ha indicato come il più influente scienziato in "Oceani e mari per il decennio 2010-2020".

