



Trieste, 19 giugno 2026

Contributo dell'OGS al Piano del Mare 2026-2028

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	2
2	PORTI.....	3
2.1	LE PROBLEMATICHE	3
2.2	LE PRIORITÀ DI INTERVENTO	3
2.3	IL RUOLO DELLA RICERCA SCIENTIFICA	4
3	ENERGIA PROVENIENTE DAL MARE.....	5
3.1	LE PROBLEMATICHE	5
3.2	LE PRIORITÀ DI INTERVENTO	5
3.3	IL RUOLO DELLA RICERCA SCIENTIFICA	6
4	TRANSIZIONE ECOLOGICA DELL'INDUSTRIA DEL MARE.....	7
4.1	LE PROBLEMATICHE	7
4.2	LE PRIORITÀ DI INTERVENTO	7
4.3	IL RUOLO DELLA RICERCA SCIENTIFICA	8
5	GLI ECOSISTEMI E LE AREE MARINE PROTETTE.....	9
5.1	LE PROBLEMATICHE	9
5.2	LE PRIORITÀ DI INTERVENTO	9
5.3	IL RUOLO DELLA RICERCA SCIENTIFICA	10
6	PESCA E ACQUACOLTURA	11
6.1	LE PROBLEMATICHE	11
6.2	LE PRIORITÀ DI INTERVENTO	11
6.3	IL RUOLO DELLA RICERCA SCIENTIFICA	12
7	DIMENSIONE SUBACQUEA E RISORSE GEOLOGICHE DEI FONDALI	13
7.1	LE PROBLEMATICHE	13
7.2	LE PRIORITÀ DI INTERVENTO	13
7.3	IL RUOLO DELLA RICERCA SCIENTIFICA	14
8	SISTEMA DELLE ISOLE MINORI	16
8.1	LE PROBLEMATICHE	16
8.2	LE PRIORITÀ DI INTERVENTO	16
8.3	IL RUOLO DELLA RICERCA SCIENTIFICA	17
9	TURISMI DEL MARE.....	18
9.1	LE PROBLEMATICHE	18
9.2	LE PRIORITÀ DI INTERVENTO	18
9.3	IL RUOLO DELLA RICERCA SCIENTIFICA	19
10	CAMBIAMENTI CLIMATICI	20
10.1	LE PROBLEMATICHE	20
10.2	LE PRIORITÀ DI INTERVENTO	20
10.3	IL RUOLO DELLA RICERCA SCIENTIFICA	21

1 INTRODUZIONE

L’Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS è un ente pubblico di ricerca vigilato dal Ministero dell’Università e della Ricerca, attivo a livello internazionale nei settori delle Scienze della Terra e del Mare.

Attraverso attività di ricerca, monitoraggio e innovazione tecnologica, l’OGS contribuisce alla gestione sostenibile dell’ambiente marino e allo sviluppo della conoscenza scientifica.

La sua attività, sia di base sia applicata, si concentra su ambiti prioritari quali l’oceanografia (fisica, chimica, biologica e geologica), la geofisica applicata e di esplorazione, la sismologia e le sue applicazioni ingegneristiche. Le competenze maturate trovano impiego nello studio delle Scienze della Terra, del Mare e delle Aree polari, con ricadute in campo ambientale, tecnologico, economico e sociale.

La strategia dell’Istituto si basa su un approccio scientifico multidisciplinare, fondato sulla condivisione delle infrastrutture di ricerca, sull’adozione di pratiche di Scienza aperta e sulla cooperazione con università ed enti di ricerca, sia italiani sia internazionali.

In questo quadro, le attività dell’OGS sono orientate alla tutela e valorizzazione delle risorse naturali e ambientali, alla valutazione e prevenzione dei rischi geologici, ambientali e climatici, nonché alla diffusione della cultura scientifica.

L’OGS può offrire un contributo qualificato al Piano del Mare attraverso attività scientifiche, tecnologiche e di monitoraggio in ambito marino. L’Istituto infatti:

1. supporta la gestione sostenibile di porti, dragaggi e ripascimenti con studi morfodinamici e sedimentologici;
2. contribuisce allo sviluppo dell’energia dal mare, valutando il potenziale di moto ondoso, correnti e gradiente termico e salino, con attenzione alla compatibilità ambientale;
3. favorisce la transizione ecologica dell’industria del mare sviluppando soluzioni innovative per l’efficienza energetica e la riduzione dell’impatto ambientale;
4. contribuisce alla tutela degli ecosistemi e delle aree marine protette attraverso il monitoraggio della biodiversità e delle pressioni ambientali;
5. collabora al miglioramento della sostenibilità della pesca e dell’acquacoltura con analisi ecosistemiche e oceanografiche;
6. studia i fondali per valorizzare le risorse geologiche e offre competenze nell’ambito della dimensione subacquea per l’operatività e la gestione di sistemi autonomi nonché per lo sviluppo di sviluppo di algoritmi per la navigazione, anche in funzione di usi industriali e infrastrutturali;
7. fornisce dati e competenze per rafforzare la resilienza delle isole minori;
8. analizza gli impatti del cambiamento climatico sul mare e sulle coste, offrendo scenari utili alla pianificazione.

2 PORTI

I porti rappresentano infrastrutture strategiche per la competitività dell’Italia nel Mediterraneo. La loro piena funzionalità dipende da attività di manutenzione e gestione ambientale che devono essere integrate nella più ampia transizione ecologica dell’economia marittima. In particolare, i dragaggi, la gestione dei sedimenti e i ripascimenti rivestono un ruolo cruciale per garantire la sicurezza della navigazione, la protezione delle aree costiere e la bonifica ambientale dei fondali.

Lo sviluppo di soluzioni tecniche e scientifiche per la gestione sostenibile dei sedimenti portuali richiede competenze multidisciplinari in oceanografia, geologia marina, ecologia e modellistica ambientale.

2.1 Le problematiche

Le principali criticità nella gestione ambientale delle aree portuali riguardano:

- l’insabbiamento dei canali navigabili e dei fondali portuali, con impatti sulla navigazione e sull’efficienza logistica;
- la contaminazione dei sedimenti da sostanze pericolose (metalli pesanti, idrocarburi, PCB);
- il rischio di rilascio di inquinanti e di torbidità durante i dragaggi;
- la scarsa valorizzazione dei sedimenti dragati come risorsa circolare;
- l’erosione costiera progressiva che minaccia ecosistemi, infrastrutture e comunità costiere.

2.2 Le priorità di intervento

a. Caratterizzazione e gestione dei dragaggi

- applicare protocolli completi di caratterizzazione fisica, chimica e tossicologica dei sedimenti prima di ogni intervento;
- utilizzare sensori in tempo reale per monitorare la torbidità e modellare la dispersione dei sedimenti durante i dragaggi;
- integrare la pianificazione temporale degli interventi nei Siti di Interesse Nazionale (SIN), dando priorità alle aree più degradate dal punto di vista ecologico.

b. Protocolli ecologici per la definizione delle priorità

- valutare lo stato degli ecosistemi bentonici attraverso indicatori strutturali (rapporti trofici, biodiversità, composizione della sostanza organica) e funzionali (processi di produzione, respirazione, metabolismo);
- identificare le aree con maggiore potenziale di recupero ecosistemico per orientare gli interventi.

c. Decontaminazione e riutilizzo dei sedimenti dragati

- promuovere il trattamento e la decontaminazione dei sedimenti per consentirne il riutilizzo in opere marittime, ripascimenti e recupero di aree industriali;
- sostenere l’adozione di tecnologie integrate per la rimozione di contaminanti (fisiche, chimiche, biologiche), in linea con le direttive europee sull’economia circolare.

d. Ripascimenti ecocompatibili per contrastare l'erosione costiera

- utilizzare sedimenti dragati non contaminati per interventi di ripascimento costiero e per la ricostruzione morfologica di barene, dune e isole lagunari;
- garantire che i sedimenti impiegati rispettino standard di qualità (assenza di contaminanti, compatibilità con la fauna bentonica, adeguata granulometria);
- valutare la sostenibilità tecnico-economica dei ripascimenti, minimizzando i costi attraverso una progettazione efficiente e mirata.

2.3 Il ruolo della ricerca scientifica

La ricerca scientifica svolge un ruolo cruciale nella gestione sostenibile delle aree portuali, contribuendo in particolare con:

- protocolli innovativi per la valutazione funzionale degli ecosistemi bentonici e la definizione di priorità di intervento;
- sistemi di monitoraggio costiero ad alta tecnologia (droni, sensori sottomarini, DAS, GIS) per analizzare dinamiche erosive e torbidità;
- sviluppo di tecniche ecocompatibili per il ripascimento (biofibre, sabbia riciclata) e di metodi per valutare l'efficacia degli interventi nel tempo;
- supporto alla pianificazione portuale e alla bonifica ambientale con dati e modelli ad alta risoluzione.

3 ENERGIA PROVENIENTE DAL MARE

La transizione energetica in atto a livello nazionale e globale impone lo sviluppo e l'utilizzo responsabile delle fonti rinnovabili, comprese quelle marine. L'Italia, con i suoi oltre 8000 km di coste e un mare che è tra i più dinamici e ricchi di biodiversità del Mediterraneo, possiede un rilevante potenziale per la produzione di energia marina da fonti come l'eolico *offshore*, il moto ondoso, le correnti, il gradiente salino e il gradiente termico.

Tuttavia, lo sviluppo di tali tecnologie deve avvenire nel pieno rispetto della complessità ecologica e socioeconomica dell'ambiente marino. Si sottolinea l'importanza di un approccio integrato e scientificamente fondato alla valutazione, progettazione e gestione delle infrastrutture energetiche *offshore*.

3.1 Le problematiche

L'espansione della produzione energetica da fonti marine rinnovabili solleva una serie di criticità che richiedono un'attenta analisi preventiva e un monitoraggio continuo:

- impatti ecologici potenziali sulle comunità marine, in particolare su habitat vulnerabili e specie sensibili (mammiferi marini, pesci pelagici, uccelli, chiroterri);
- rischio di alterazioni idrodinamiche e geomorfologiche locali;
- interferenze con le rotte migratorie, le attività di pesca, il traffico navale e gli usi storici del mare;
- necessità di armonizzare i progetti con i vincoli delle aree marine protette e con gli obiettivi di conservazione della biodiversità;
- carenza di dati sistematici ad alta risoluzione spaziale e temporale per supportare analisi d'impatto e scelte di localizzazione consapevoli.

3.2 Le priorità di intervento

a. Valutazione di impatto ambientale con approccio ecosistemico

- applicare la VIA considerando l'intero ciclo di vita degli impianti (progettazione, costruzione, funzionamento, dismissione);
- integrare nella valutazione la presenza di *habitat* biocostruttori (es. coralli, Posidonia, rodoliti), le rotte migratorie e la stagionalità delle specie sensibili;
- analizzare la compatibilità con gli usi antropici preesistenti (pesca, turismo, infrastrutture, ricerca) e i servizi ecosistemici coinvolti.

b. Pianificazione dello spazio marittimo (MSP) integrata e partecipata

- utilizzare la MSP (*Marine Spatial Planning*) come strumento per ridurre i conflitti tra usi, coordinare lo sviluppo energetico e tutelare l'ambiente marino;
- applicare la pianificazione in modo multi-settoriale e multiscala, coinvolgendo comunità scientifica, amministrazioni pubbliche, portatori di interessi economici e territori costieri.

c. Adozione di *digital twin* per la gestione delle aree *offshore*

- sviluppare gemelli digitali per simulare scenari di impatto, supportare le decisioni e modellare dinamiche ambientali complesse;
- integrare dati oceanografici, geofisici, biologici e meteo-marini in tempo reale;
- garantire l'interoperabilità dei sistemi attraverso reti osservative continue, mediante la standardizzazione dei dati e l'impiego di infrastrutture computazionali adeguate.

d. Rafforzamento delle reti di osservazione e del monitoraggio ambientale

- sostenere lo sviluppo di sensori marini innovativi, sia fissi che mobili e autonomi;
- promuovere l'utilizzo di tecnologie avanzate (es. DAS su fibre ottiche, OBS, AUV) per il monitoraggio integrato degli impatti;
- assicurare l'accesso aperto ai dati secondo i principi FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*), a beneficio della trasparenza, della replicabilità scientifica e della co-produzione della conoscenza.

e. Stoccaggio geologico dell'idrogeno in ambiente marino per la sicurezza energetica

- valutare la fattibilità tecnica e ambientale dello stoccaggio sottomarino di idrogeno in formazioni geologiche profonde (es. acquiferi salini o giacimenti depletati), a supporto della continuità delle fonti rinnovabili *offshore*;
- sviluppare protocolli di monitoraggio e modellazione per garantire la sicurezza, la tenuta dei serbatoi e la compatibilità con i servizi ecosistemici marini;
- favorire l'integrazione del sistema produzione-accumulo-distribuzione nel contesto della pianificazione dello spazio marino, con un approccio multidisciplinare e predittivo.

f. Sinergie tra ricerca, innovazione e impresa

- avviare progetti pilota congiunti tra imprese, enti di ricerca e istituzioni locali per sviluppare soluzioni a basso impatto ambientale;
- favorire l'integrazione tra produzione, accumulo e gestione intelligente dell'energia in ambito marino;
- esplorare nuove forme di produzione, come l'idrogeno verde *offshore*, all'interno di filiere ed ecosistemi tecnologicamente avanzati e sostenibili.

3.3 Il ruolo della ricerca scientifica

La comunità scientifica nazionale è in possesso di competenze avanzate in geofisica marina, modellistica oceanografica, osservazione ambientale e pianificazione marittima, ed è pronta a contribuire a questa sfida strategica attraverso:

- lo sviluppo di sistemi previsionali integrati su onde, correnti, venti e dinamiche costiere;
- la mappatura ad alta risoluzione del fondale marino;
- il supporto tecnico-scientifico alla localizzazione degli impianti, alla definizione dei criteri di VIA e ai piani di monitoraggio;
- la progettazione di infrastrutture digitali interoperabili per lo sviluppo di gemelli digitali;
- la formazione avanzata di tecnici e ricercatori nelle discipline chiave della *blue energy*.

4 TRANSIZIONE ECOLOGICA DELL'INDUSTRIA DEL MARE

La transizione ecologica dell'industria del mare è una priorità strategica per il sistema Paese, in linea con gli obiettivi europei del *Green Deal*, del programma *Fit for 55* e del *REPowerEU*. I settori produttivi che operano in ambito marittimo - dalla logistica portuale alla cantieristica, dalla pesca alla produzione energetica *offshore* - devono ridurre in modo drastico le proprie emissioni e pressioni ambientali, promuovendo innovazione, sicurezza e resilienza.

Un approccio scientificamente fondato alla trasformazione ecologica dell'economia blu, in stretta sinergia con la pianificazione marittima e la protezione degli ecosistemi, richiede competenze multidisciplinari nel campo dell'oceanografia, della geofisica marina, della modellistica ambientale e dell'ecologia.

4.1 Le problematiche

La transizione dell'industria marittima è oggi ostacolata da:

- elevati consumi energetici e forte dipendenza dai combustibili fossili, in particolare nei settori del trasporto marittimo, della pesca e della cantieristica;
- impatti cumulativi sugli ecosistemi marini e costieri (inquinamento atmosferico e acustico, rilascio di rifiuti, alterazioni fisiche degli *habitat*);
- mancanza di infrastrutture portuali verdi pienamente operative e connesse a reti energetiche sostenibili;
- carenza di strumenti digitali e predittivi per l'ottimizzazione delle rotte, della logistica e della sicurezza ambientale;
- parziale utilizzo delle competenze scientifiche e tecnologiche disponibili per guidare il cambiamento.

4.2 Le priorità di intervento

a. Decarbonizzazione del trasporto marittimo e dei porti

- promuovere l'elettrificazione delle banchine (*cold ironing*), l'uso di combustibili alternativi a basse emissioni (es. GNL, ammoniaca verde, idrogeno) e l'efficientamento energetico delle navi;
- favorire la trasformazione dei porti in *hub* energetici sostenibili, capaci di integrare produzione, accumulo e distribuzione di energia rinnovabile.

b. Riduzione degli impatti ambientali

- monitorare e mitigare l'inquinamento acustico e chimico generato dalle attività industriali, incluse pesca, trivellazione, trasporti e costruzione di infrastrutture *offshore*;
- applicare approcci ecosistemici alle valutazioni di impatto ambientale, con attenzione alla biodiversità, ai cicli biogeochimici e ai servizi ecosistemici marini.

c. Stoccaggio geologico della CO₂ per la decarbonizzazione dei settori industriali marittimi

- sviluppare e validare, attraverso dati geofisici e geologici ad alta risoluzione, la mappatura delle aree marine idonee allo stoccaggio permanente della CO₂, secondo criteri di sicurezza, capacità di confinamento e compatibilità ambientale;
- promuovere progetti pilota per il monitoraggio integrato del ciclo della CO₂ in fase di iniezione e post-iniezione, utilizzando tecnologie avanzate (OBS, DAS, geochimica, modellistica idrogeologica);
- integrare lo stoccaggio geologico nelle strategie di transizione dei porti e dei distretti energetici costieri ad alta intensità emissiva, in sinergia con la filiera dei biocarburanti e della cattura diretta della CO₂.

d. Digitalizzazione e innovazione tecnologica

- sviluppare gemelli digitali (*digital twin*) delle aree portuali e industriali costiere, integrando dati oceanografici, meteorologici, geofisici e biologici per supportare la gestione e la previsione degli impatti;
- promuovere l'adozione di sistemi di monitoraggio integrati e in tempo reale, anche attraverso l'impiego di osservatori sottomarini, sensori su droni e piattaforme autonome.

e. Economia circolare e simbiosi industriale

- incentivare il recupero e riutilizzo dei materiali nell'ambito portuale, cantieristico e logistico;
- sostenere la riconversione degli impianti industriali obsoleti secondo principi di simbiosi ambientale ed energetica tra attività diverse.

f. Formazione, ricerca e trasferimento tecnologico

- rafforzare i percorsi di formazione specialistica in tecnologie verdi marittime;
- potenziare il ruolo della ricerca pubblica come catalizzatore dell'innovazione sostenibile, promuovendo la cooperazione tra enti scientifici, imprese e istituzioni.

4.3 Il ruolo della ricerca scientifica

La transizione ecologica dell'industria del mare dovrà poggiare su basi conoscitive solide, aggiornate e accessibili. In particolare, la comunità scientifica nazionale può:

- contribuire alla progettazione e valutazione di soluzioni tecnologiche a basso impatto;
- supportare le decisioni pubbliche e private con modelli previsionali e scenari di sviluppo;
- sviluppare strumenti digitali interoperabili per l'analisi di impatto, la sicurezza ambientale e la pianificazione;
- facilitare il dialogo tra operatori industriali, autorità pubbliche e cittadini, promuovendo la trasparenza e la responsabilità ambientale.

5 GLI ECOSISTEMI E LE AREE MARINE PROTETTE

La tutela degli ecosistemi marini e costieri rappresenta il fondamento imprescindibile per uno sviluppo sostenibile dell'economia del mare. Ecosistemi funzionali, resilienti e biodiversi garantiscono la fornitura di servizi essenziali per la società: regolazione climatica, produzione alimentare, sequestro del carbonio, protezione delle coste, supporto alla pesca e al turismo, solo per citarne alcuni. Gli impatti antropici e climatici minacciano però sempre più la salute di questi ecosistemi, in particolare nelle aree costiere, sottoposte a forte pressione.

Le aree marine protette (AMP) e gli strumenti di conservazione spaziale offrono un'opportunità concreta per proteggere e rigenerare gli ambienti marini, ma la loro efficacia dipende dalla qualità della gestione, dal grado di protezione e dalla disponibilità di dati scientifici aggiornati e accessibili.

5.1 Le problematiche

Gli ecosistemi marini italiani - costieri, pelagici, bentonici - sono esposti a molteplici pressioni cumulative: inquinamento (chimico, microplastico, acustico), pesca intensiva, traffico navale, alterazioni fisiche degli *habitat*, cambiamenti climatici. Tali impatti interagiscono fra loro in modo complesso, con effetti spesso sinergici o non lineari, compromettendo la biodiversità, la resilienza e la produttività degli ecosistemi.

Le principali criticità individuate sono:

- scarsità di dati integrati, aperti e di alta qualità sullo stato ecologico dei mari italiani;
- frammentazione delle attività di monitoraggio, condotte da enti diversi senza coordinamento sistematico;
- carenza di indicatori biologici e funzionali capaci di misurare le variazioni ecologiche su scala spazio-temporale rilevante;
- limitata capacità di prevedere l'evoluzione degli ecosistemi in risposta ai cambiamenti ambientali e alle pressioni antropiche.

5.2 Le priorità di intervento

a. Monitoraggio sistematico e integrato degli ecosistemi marini

- istituire un programma nazionale di osservazione continua che integri parametri fisici, chimici e biologici su scala costiera, *offshore*, profonda e lagunare;
- garantire la copertura temporale e spaziale necessaria per supportare la gestione adattativa degli ecosistemi e delle Aree Marine Protette (AMP).

b. Sviluppo e utilizzo di tecnologie osservative avanzate

- promuovere l'impiego di piattaforme autonome (profilatori Argo, *glider*, *drifter*, AUV, droni), boe multisensore e metodi innovativi di rilevazione (eDNA, *imaging* ottico, intelligenza artificiale) per il monitoraggio della biodiversità;
- potenziare la capacità nazionale di osservazione continuativa anche in ambienti remoti e profondi, rafforzando il programma Argo e le altre infrastrutture esistenti.

c. Accesso aperto, interoperabilità e condivisione dei dati ambientali

- garantire che i dati raccolti con fondi pubblici siano accessibili secondo i principi FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*);
- utilizzare infrastrutture digitali condivise per favorire la trasparenza, la replicabilità e l'integrazione della conoscenza.

d. Sviluppo di modelli predittivi ecologici e gestionali

- creare sistemi modellistici per simulare la risposta degli ecosistemi a pressioni naturali e antropiche, compresi scenari climatici e gestionali;
- fornire strumenti predittivi per il supporto alle decisioni, incluse analisi di rischio e *early warning* ambientali.

e. Valutazione dei servizi ecosistemici

- integrare nella pianificazione la quantificazione dei servizi ecosistemici marini (regolativi, culturali, di approvvigionamento), con approcci che includano anche la monetizzazione dei benefici;
- rafforzare il nesso tra conservazione ambientale e benessere socioeconomico delle comunità costiere.

f. Rafforzamento della governance multilivello e della gestione integrata

- promuovere il coordinamento tra istituzioni, enti di ricerca, gestori delle AMP e autorità locali per armonizzare strumenti e approcci;
- adottare una visione integrata e sistematica nella pianificazione delle politiche di conservazione marina.

5.3 Il ruolo della ricerca scientifica

La ricerca svolge un ruolo chiave nel rendere possibile la conservazione e la gestione attiva degli ecosistemi marini. Si ritiene strategico:

- coordinare l'attività della comunità scientifica sulla modellistica ecosistemica marina, integrando le competenze esistenti;
- promuovere approcci transdisciplinari per studiare i sistemi ecologico-economico-sociali (SES), considerando le dinamiche panarchiche tra scale e settori;
- investire in metodi innovativi per l'analisi ecologica, l'identificazione precoce di alterazioni ambientali e la progettazione di interventi di ripristino;
- rafforzare il collegamento tra ricerca scientifica, pianificazione marittima e strumenti normativi, per orientare le politiche ambientali su basi solide e aggiornate.

6 PESCA E ACQUACOLTURA

La sostenibilità della pesca e dell’acquacoltura è un elemento chiave nella transizione ecologica dell’economia del mare. Le risorse biologiche marine rappresentano un patrimonio collettivo e una fonte alimentare strategica, la cui gestione deve essere fondata su evidenze scientifiche, responsabilità condivisa e partecipazione attiva delle comunità costiere.

La comunità scientifica svolge un ruolo chiave nel promuovere un approccio ecosistemico alla gestione della pesca e dell’acquacoltura, integrando la tutela della biodiversità, la sicurezza alimentare, la salvaguardia degli *habitat* e il sostegno all’economia costiera.

6.1 Le problematiche

Il settore della pesca e dell’acquacoltura è oggi esposto a diverse criticità:

- sovrasfruttamento degli *stock* ittici, spesso aggravato da attrezzi poco selettivi e pratiche a elevato impatto;
- diffusione crescente di specie aliene invasive, favorita dai cambiamenti climatici e dal traffico marittimo;
- impatti ambientali lungo l’intera filiera del pescato (consumi energetici, emissioni, imballaggi);
- assenza di una tracciabilità efficace e di strumenti per garantire il consumo responsabile;
- localizzazione non ottimale degli impianti di acquacoltura, talvolta in conflitto con *habitat* vulnerabili o altri usi marittimi.

6.2 Le priorità di intervento

a. Pesca sostenibile e tutela della biodiversità marina

- adottare un approccio ecosistemico e multi-specie alla gestione della pesca, superando la logica monospecifica e integrando le dinamiche trofiche e ambientali;
- definire soglie di sforzo di pesca compatibili con la resilienza degli ecosistemi, basandosi su dati osservativi e modelli predittivi e considerando le variabilità climatiche;
- rafforzare i programmi di monitoraggio delle risorse ittiche, comprese catture accessorie, specie sensibili e *habitat* critici;
- estendere e consolidare la rete LTER (*Long Term Ecological Research Network*) per includere parametri utili alla gestione della pesca e alla valutazione dell’impatto climatico;
- promuovere pratiche di pesca selettive e a basso impatto, sostenendo la formazione e il ricambio tecnologico delle flotte;
- integrare la conoscenza scientifica con il coinvolgimento di pescatori, comunità costiere e consumatori, per una gestione condivisa delle risorse.

b. Acquacoltura sostenibile e innovativa

- sviluppare sistemi di monitoraggio e indicatori ambientali per valutare l’impatto dell’acquacoltura su *habitat*, qualità delle acque e biodiversità;

- utilizzare modelli previsionali per localizzare gli impianti in modo ottimale, riducendo impatti cumulativi e conflitti d'uso;
- incentivare l'acquacoltura multitrofica integrata (IMTA) di specie di basso livello trofico e la maricoltura *offshore* come pratiche resilienti e compatibili con l'ambiente;
- favorire la valorizzazione economica di pratiche sostenibili, attraverso il supporto scientifico all'*ecolabelling*, alla certificazione e alla tracciabilità genetica;
- integrare l'acquacoltura nella pianificazione dello spazio marittimo e nelle politiche alimentari, valorizzando la piccola scala e le produzioni locali.

c. Cultura del consumo responsabile

- sensibilizzare cittadini e operatori sulla necessità di ridurre l'impatto ambientale dell'intera filiera del pescato.
- promuovere il pesce come bene comune e capitale naturale, incoraggiando comportamenti di acquisto consapevoli e responsabili.
- valorizzare il ruolo delle comunità locali nella gestione e nella comunicazione della sostenibilità delle risorse biologiche marine.

6.3 Il ruolo della ricerca scientifica

La transizione ecologica della pesca e dell'acquacoltura richiede un contributo continuativo della ricerca scientifica, in grado di:

- sviluppare modelli ecosistemici multi-specie per valutare la sostenibilità dello sfruttamento della pesca e lo stato degli *stock*;
- potenziare il monitoraggio degli impatti della pesca e dell'acquacoltura, compresa la conoscenza delle catture accessorie e delle specie aliene;
- promuovere tecnologie innovative per osservazione, tracciabilità, certificazione e gestione adattativa;
- supportare decisioni trasparenti, integrate e partecipate, attraverso piattaforme di conoscenza condivisa e scenari previsionali;
- collaborare con le imprese del settore per sperimentare pratiche sostenibili, integrando esigenze produttive, ambientali e sociali.

7 DIMENSIONE SUBACQUEA E RISORSE GEOLOGICHE DEI FONDALI

La dimensione subacquea del Mediterraneo costituisce una frontiera strategica per la sicurezza, la sostenibilità e la valorizzazione del mare. I fondali marini ospitano risorse geologiche ed ecosistemi profondi, ma anche infrastrutture, beni culturali sommersi e processi naturali attivi da cui possono derivare rischi significativi per le coste. Conoscere, monitorare e gestire in modo integrato questi spazi è essenziale per la protezione dell'ambiente, la sicurezza delle popolazioni costiere, lo sviluppo economico sostenibile e la transizione energetica.

Lo studio, il monitoraggio e la modellazione della dimensione subacquea richiedono competenze multidisciplinari in geofisica, geologia marina, oceanografia e sismologia. È infatti necessario un approccio integrato alla gestione dei fondali, che valorizzi la conoscenza scientifica, l'innovazione tecnologica e la cooperazione tra istituzioni.

7.1 Le problematiche

Le principali criticità legate alla dimensione subacquea riguardano:

- l'insufficiente mappatura e caratterizzazione dei fondali italiani, in particolare per quanto riguarda faglie attive, frane sottomarine, emissioni di gas e aree mineralizzate;
- l'assenza di una cartografia integrata, aggiornata e condivisa dei fondali, utilizzabile per la pianificazione dello spazio marittimo e per supportare decisioni infrastrutturali e ambientali;
- la frammentazione normativa e la complessità autorizzativa che ostacolano attività scientifiche di prospezione e monitoraggio;
- l'assenza di una normativa per l'utilizzo dei sistemi a guida autonoma sia di superficie che subacquei;
- la necessità di bilanciare le esigenze di sviluppo (ad esempio *wind farm*, *Carbon Capture and Storage*, infrastrutture) con la tutela degli ecosistemi profondi e dei beni culturali sottomarini.

7.2 Le priorità di intervento

a. Mappatura e cartografia integrata dei fondali

- realizzare una cartografia nazionale (*database*) ad alta risoluzione dei fondali marini italiani, integrando rilievi morfobatimetrici, geofisici, geologici, *habitat mapping* e dati ambientali;
- valorizzare le competenze di università ed enti di ricerca (OGS, CNR, ISPRA, INGV, Conisma, SZN, ENEA), coinvolgendo anche i portatori di interesse;
- utilizzare la cartografia come base per la pianificazione marittima, la protezione civile, la gestione delle risorse e lo sviluppo del *digital twin* del mare.

b. Monitoraggio dei georischi marini

- completare la mappatura delle faglie sismogenetiche, frane sottomarine, vulcani sottomarini e fenomeni di instabilità costiera;

- sviluppare reti di monitoraggio multi-parametriche basate su OBS, fibre ottiche (DAS), GNSS, radar HF e piattaforme *offshore*, anche esistenti;
- estendere verso mare la rete sismica nazionale e promuovere la ricerca su eventi complessi a cascata (terremoto-tsunami-tempesta).

c. Valorizzazione e regolazione delle georisorse

- identificare le aree con sabbie relitte utili per il ripascimento dei litorali e garantirne la compatibilità con la realizzazione di *wind farm* e condotte;
- mappare le emissioni di fluidi e i depositi idrotermali profondi potenzialmente ricchi di minerali strategici (rame, bario, argento, piombo);
- incentivare tecnologie estrattive a basso impatto ambientale, mirate a depositi di piccola estensione e alto tenore, con priorità a risorse non riciclabili;
- promuovere progetti pilota di *carbon storage* e stoccaggio di idrogeno, con pieno coinvolgimento della ricerca scientifica e monitoraggio ambientale continuo.

d. Rumore sottomarino e prospezioni geofisiche

- rivedere la normativa su *air gun* e tecniche sismiche distinguendo l'intensità delle sorgenti e l'obiettivo (ricerca vs. industria), esentando dalle procedure VIA le indagini a basso impatto;
- obbligare alla dichiarazione dei livelli di energia acustica e alla consegna dei dati registrati (*signature*) per trasparenza e tracciabilità;
- applicare le linee guida di JNCC, ACCOBAMS e ISPRA per la mitigazione dell'impatto del rumore antropico sulla fauna marina.

e. Tutela ambientale e beni culturali sommersi

- integrare le conoscenze geologiche nei piani di gestione delle AMP e delle opere marittime, riconoscendo il legame tra geodiversità e biodiversità;
- mappare e regolamentare lo studio e la conservazione dei relitti sommersi, con particolare attenzione a quelli di interesse storico, archeologico e ambientale.

7.3 Il ruolo della ricerca scientifica

La gestione sostenibile della dimensione subacquea richiede una forte integrazione tra osservazione, modellazione, innovazione tecnologica e governance. L'OGS, in stretto coordinamento con altri enti di ricerca nazionali (CNR, CoNISMa, ISPRA, INGV) e università, sottolinea il ruolo cruciale della ricerca pubblica nel:

- sviluppare tecnologie per il monitoraggio ambientale subacqueo (sensori, veicoli autonomi, fibre ottiche, gravimetria quantistica, 3D/4D *imaging*);
- promuovere l'accesso aperto ai dati secondo i principi FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*), anche per gli studi ambientali e geofisici su fondi pubblici;
- semplificare le procedure autorizzative per l'impiego di strumenti autonomi (*glider*, AUV, *drifter*, profilatori Argo);
- sostenere una gestione nazionale integrata della flotta di ricerca, fondata su merito scientifico e cooperazione;

- progettare e testare modelli predittivi multidisciplinari per valutare gli effetti ambientali e socioeconomici dello sfruttamento delle risorse del sottosuolo marino.

8 SISTEMA DELLE ISOLE MINORI

Le isole minori italiane costituiscono un patrimonio ambientale, culturale e strategico di valore inestimabile. Allo stesso tempo, rappresentano territori fragili, vulnerabili ai cambiamenti climatici e alla pressione antropica, con criticità strutturali legate all'approvvigionamento energetico, idrico e alla gestione sostenibile delle risorse naturali. Tuttavia, proprio per queste caratteristiche, esse offrono l'opportunità di diventare laboratori naturali per la transizione ecologica ed energetica, secondo un modello replicabile in altri contesti mediterranei e insulari.

In questo scenario, si propone di valorizzare il potenziale geotermico delle isole minori come componente chiave per la decarbonizzazione, l'autonomia energetica e la resilienza territoriale, integrando le competenze scientifiche e tecnologiche maturate a livello nazionale e internazionale.

8.1 Le problematiche

Il sistema delle isole minori è attualmente caratterizzato da:

- forte dipendenza da combustibili fossili per la produzione di energia (es. generatori a gasolio);
- costi elevati di approvvigionamento e impatto ambientale significativo;
- limitata sicurezza energetica e vulnerabilità alle crisi di rifornimento;
- stagionalità marcata nella domanda energetica, con picchi turistici e rischio di sovraccarico dei sistemi locali;
- mancanza di integrazione tra le fonti rinnovabili e gli strumenti di pianificazione energetico-territoriale;
- necessità di modelli di sviluppo che rispettino l'alta biodiversità terrestre e marina.

8.2 Le priorità di intervento

Per affrontare efficacemente le sfide delle isole minori e valorizzarne le potenzialità, l'OGS propone le seguenti azioni prioritarie:

a. Sviluppo della geotermia sostenibile

- valutare e sfruttare il potenziale geotermico a bassa e media entalpia nelle isole di origine vulcanica (Eolie, Ischia, Pantelleria), anche a supporto di sistemi di desalinizzazione e impianti *off-grid*;
- integrare la geotermia con altre fonti rinnovabili (fotovoltaico, eolico), sistemi di accumulo e produzione di idrogeno verde per realizzare isole completamente alimentate da fonti rinnovabili, in linea con il programma europeo *Clean Energy for EU Islands*.

b. Pianificazione energetica integrata terra-mare

- promuovere una visione unitaria degli ecosistemi insulari, superando la separazione tra dimensione terrestre e marina;
- garantire il rispetto della biodiversità marina e costiera nei progetti geotermici, con posizionamento responsabile degli impianti e monitoraggio ambientale continuo.

c. Governance locale e coinvolgimento comunitario

- favorire modelli di *governance* partecipata, con coinvolgimento attivo delle comunità locali, amministrazioni e portatori di interessi, per garantire accettabilità sociale e benefici economici distribuiti.

d. Innovazione, monitoraggio e sostenibilità ambientale

- sperimentare tecnologie di monitoraggio in tempo reale su terra e mare, come fibre ottiche, sensori geofisici, reti sismiche e strumenti per la rilevazione ambientale;
- realizzare valutazioni di impatto ambientale integrate e adattive, con attenzione ai georischi (sismicità, subsidenza, frane), alla biodiversità e agli ecosistemi vulnerabili.

e. Valorizzazione economica, formativa e turistica

- sostenere nuovi percorsi formativi per giovani nel campo della geotermia e delle scienze ambientali;
- favorire forme di turismo educativo e sostenibile, legate alla transizione energetica, al patrimonio naturale e alla divulgazione scientifica.

8.3 Il ruolo della ricerca scientifica

La comunità scientifica mette a disposizione delle isole minori e delle istituzioni:

- competenze consolidate in rilievi geofisici (sismica, geoelettrica, gravimetria, magnetismo), geochimica e modellazione del sottosuolo;
- esperienza operativa in ambienti insulari e vulcanici, maturata con la partecipazione a grandi progetti infrastrutturali PNRR, PON ed europei (es. infrastruttura europea ECCSEL ERIC), con particolare riferimento alle isole minori;
- strumentazione avanzata per il monitoraggio ambientale marino e terrestre, in grado di garantire controllo continuo durante le attività di sfruttamento geotermico;
- capacità progettuale per il supporto a enti locali nella pianificazione territoriale e nella definizione di scenari energetici integrati;
- iniziativa diplomatica e di coordinamento, con apertura a tavoli tecnici con enti pubblici, imprese e investitori.

9 TURISMI DEL MARE

Il turismo marino e costiero rappresenta una componente fondamentale dell'economia blu italiana, con un volume d'affari stimato in oltre 35 miliardi di euro. Tuttavia, la crescita del settore non può prescindere da una profonda transizione verso modelli di turismo sostenibile, compatibili con la capacità di carico ecologica, infrastrutturale e culturale dei territori. In quest'ottica, il turismo non è solo un'attività economica, ma può diventare leva di educazione, inclusione, rigenerazione e valorizzazione del patrimonio naturale e culturale marino.

9.1 Le problematiche

Lo sviluppo turistico intensivo, se non governato, può generare impatti ambientali e sociali significativi, tra cui:

- degrado degli ecosistemi marini e costieri (erosione, perdita di habitat, inquinamento);
- sovraccarico infrastrutturale e pressione antropica nelle aree ad alta frequentazione;
- consumo di risorse idriche ed energetiche non sempre sostenibili;
- marginalizzazione delle comunità locali e perdita di autenticità culturale;
- scarsa consapevolezza da parte dei turisti del valore ecologico dei luoghi visitati.

9.2 Le priorità di intervento

a. Sviluppo del turismo sostenibile e rigenerativo

- promuovere forme di turismo che valorizzino il capitale naturale e culturale marino, riducendo gli impatti ambientali e sostenendo economie locali resilienti;
- favorire la destagionalizzazione dell'offerta e la distribuzione dei flussi verso aree meno fragili.

b. Educazione ambientale e partecipazione attiva

- integrare nei percorsi turistici esperienze di educazione ambientale, in collaborazione con enti scientifici, scuole e cittadini;
- rafforzare i progetti di *citizen science* che coinvolgono visitatori nella raccolta di dati ambientali (biodiversità, plastica, qualità delle acque).

c. Promozione del turismo scientifico e culturale

- valorizzare i centri di ricerca, le aree marine protette, i musei del mare e i siti archeologici sommersi come destinazioni per un turismo educativo e consapevole;
- incentivare forme di turismo che stimolino la curiosità scientifica, la cultura del mare e l'interazione positiva tra turisti e comunità locali.

d. Rigenerazione delle aree costiere degradate

- utilizzare il turismo come motore di rigenerazione ambientale e infrastrutturale, in particolare in aree industrializzate, portuali o sottoutilizzate;
- promuovere pratiche di bioarchitettura, riforestazione costiera e ripristino degli *habitat* marini (dune, praterie di Posidonia, barriere artificiali a bassa intensità).

e. Comunicazione integrata e comportamenti responsabili

- coordinare campagne di sensibilizzazione sul valore degli ecosistemi marini e sui comportamenti corretti in spiaggia e in mare;
- replicare il successo delle iniziative contro l'inquinamento da plastica anche su altri fronti, come il rispetto della fauna marina e la riduzione dell'impronta carbonica delle vacanze.

9.3 Il ruolo della ricerca scientifica

La comunità scientifica nazionale sostiene una visione del turismo come strumento di connessione tra conoscenza, sostenibilità e comunità. In particolare, la ricerca scientifica può:

- fornire indicatori ecologici per la valutazione della capacità di carico dei territori turistici;
- contribuire alla progettazione di percorsi educativi integrati mare-terra;
- generare dati e mappe a supporto della pianificazione turistica sostenibile;
- coinvolgere i cittadini in attività di osservazione e monitoraggio ambientale;
- supportare enti pubblici e operatori del settore nella transizione verso un turismo più inclusivo e rigenerativo.

10 CAMBIAMENTI CLIMATICI

Il cambiamento climatico rappresenta una delle maggiori sfide globali per l'ambiente marino e costiero. Le trasformazioni indotte sul clima, sull'idrologia, sulle proprietà fisico-chimiche del mare e sulla distribuzione delle specie marine stanno già alterando la funzionalità degli ecosistemi e la capacità del mare di fornire servizi ecosistemici essenziali. Il Mediterraneo, e in particolare i mari italiani, sono riconosciuti come *hotspot* climatici: aree ad alta vulnerabilità dove i cambiamenti avvengono più rapidamente e con maggiore intensità.

Affrontare il cambiamento climatico richiede un'integrazione stretta tra osservazione, modellazione, previsione e pianificazione, in una cornice strategica di adattamento e mitigazione su scala nazionale e regionale.

10.1 Le problematiche

I mari italiani stanno subendo effetti multipli dei cambiamenti climatici, tra cui:

- aumento della temperatura marina e frequenza di ondate di calore;
- acidificazione delle acque per l'assorbimento di CO₂ atmosferica;
- modifiche nei flussi di nutrienti e ossigeno legati alla ristrutturazione della circolazione marina;
- variazioni nella stagionalità e quantità degli apporti fluviali;
- alterazioni nella distribuzione e fisiologia delle specie marine, con fenomeni di migrazione e ristrutturazione delle reti trofiche;
- aumento della frequenza e dell'intensità di eventi meteo-marini estremi;
- innalzamento del livello marino e aumento del rischio di erosione costiera, inondazioni e salinizzazione delle falde.

10.2 Le priorità di intervento

Per affrontare in modo efficace l'impatto del cambiamento climatico sui mari italiani, l'OGS individua le seguenti azioni prioritarie:

a. Proiezioni ad alta risoluzione per il Mediterraneo e l'Italia

- produrre scenari climatici marini a lungo termine (almeno 100 anni), per diversi livelli emissivi (alto, medio, basso) e con considerazione degli scenari di uso del suolo e carichi a mare (nutrienti, contaminanti, acqua dolce).
- utilizzare modelli ad alta risoluzione, forzati da *output* climatici atmosferici specifici per il territorio nazionale.

b. Proiezioni degli impatti sugli ecosistemi marini

- modellare gli effetti dei cambiamenti climatici sulla produttività primaria, sulla fisiologia e distribuzione delle specie, sulla riorganizzazione delle comunità biologiche e dei flussi trofici.
- valutare l'impatto su pesca, acquacoltura e fornitura di servizi ecosistemici.

c. Proiezioni degli impatti geomorfologici e costieri

- sviluppare modelli dell'innalzamento del livello marino, delle mareggiate estreme, della salinizzazione e degli impatti connessi (erosione, inondazione).
- fornire strumenti utili alla pianificazione costiera e alla gestione del rischio.

d. Gestione dell'incertezza e accessibilità dei dati

- utilizzare approcci *ensemble* (multi-modello) per quantificare le incertezze nelle proiezioni.
- rendere pubblicamente accessibili dati e proiezioni secondo il paradigma FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*), per favorire studi locali e processi decisionali basati su evidenze.

e. Studio dei sistemi naturalmente acidificati

- rafforzare il monitoraggio e la sperimentazione in siti costieri naturalmente acidificati (es. Panarea), utilizzandoli come laboratori naturali per lo studio degli impatti della CO₂ sugli ecosistemi.

f. Valorizzazione del ruolo internazionale del Paese

- promuovere studi mirati a contribuire alle valutazioni internazionali (come IPBES), posizionando il Mediterraneo tra le priorità della comunità scientifica globale.

10.3 Il ruolo della ricerca scientifica

La ricerca scientifica riveste un ruolo fondamentale nel comprendere, prevedere e affrontare gli impatti del cambiamento climatico sul mare. Si propone di:

- consolidare la capacità modellistica nazionale per la produzione di scenari climatici marini ad alta risoluzione;
- rafforzare le reti osservative a lungo termine (come ad esempio Argo), integrando dati fisici, chimici e biologici;
- sostenere lo sviluppo di modelli integrati fisico-biogeochimici ed ecosistemici per la valutazione dell'impatto climatico sulla funzionalità del mare;
- incentivare la collaborazione tra enti di ricerca, istituzioni e comunità locali nella co-produzione della conoscenza;
- potenziare l'infrastruttura digitale nazionale per la distribuzione dei dati climatici marini, facilitando l'accesso e l'uso da parte di decisori pubblici, settore produttivo e società civile.