

WORKSHOP W2
“SOUTHERN OCEAN AND SEA ICE IN A WARMING WORLD”
POSITION PAPER

Giorgio BUDILLON – *Università degli Studi di Napoli “Parthenope”* –
giorgio.budillon@uniparthenope.it

Olga MANGONI– *Università degli Studi di Napoli “Federico II”*- olga.mangoni@unina.it

Caterina MORIGI– *Università degli Studi di Pisa* - caterina.morigi@unipi.it

Michele REBESCO– *Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale* -
mrebesc@ogs.trieste.it

Laura DE SANTIS– *Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale* -
lidesantis@ogs.trieste.it

Durante i lavori del workshop “W2 – Southern Ocean and sea ice in a warming world” svolto in occasione della *Conferenza nazionale sulla ricerca in Antartide* la comunità scientifica italiana intervenuta ha identificato i gap scientifici, le aree di interesse e le metodologie/strumenti di indagine su cui occorre focalizzare l’attenzione nello studio del Southern Ocean, nell’ambito delle questioni individuate dal *Ist SCAR Antarctic and Southern Ocean Science Horizon Scan*.

Questo *position paper* redatto dai convenors del workshop (Giorgio Budillon Università degli Studi di Napoli “Parthenope”, Olga Mangoni Università degli Studi di Napoli “Federico II”, Caterina Morigi Università degli Studi di Pisa, Michele Rebesco e Laura De Santis Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale) riassume i diversi contributi discussi e ricevuti successivamente al workshop, e individua le priorità scientifiche italiane, il contesto internazionale e le necessità logistiche per un’opportuna pianificazione delle future attività del PNRA.

PRINCIPALI TEMATICHE SCIENTIFICHE

L’Oceano Meridionale ha una profonda influenza sulla circolazione oceanica globale e sul clima della Terra a causa della sua posizione e conformazione geografica. L’Oceano Meridionale costituisce infatti l’unica connessione tra i bacini oceanici della Terra, controlla il collegamento tra gli strati profondi e superiori della circolazione oceanica regolando così la capacità del mare di immagazzinare e trasportare il calore a livello globale. L’Oceano Meridionale svolge un ruolo fondamentale nei cicli biogeochimici e rappresenta il sito nel quale è possibile studiare, senza interferenze dirette di tipo antropogenico, i flussi globali di elementi cruciali per la dinamica degli ecosistemi.

Dal punto di vista trofico, l’Oceano Meridionale è definito HNLC (*High Nutrient-Low Chlorophyll*) perché a discapito della grande abbondanza di macro-nutrienti, presenta livelli di produzione primaria piuttosto bassi dovuti ad una scarsa disponibilità di oligoelementi, come ferro e magnesio. Fanno eccezione le aree costiere, le zone marginali e le aree frontali che sono considerate aree ad elevata produzione ed elevato flusso di materiale biogenico. Ad esempio, la piattaforma continentale del Mare di Ross è il più importante sito di sprofondamento del carbonio di tutto l’Oceano Meridionale, grazie alla grande produttività biologica, all’alto tasso di ventilazione e alla copertura dei ghiacci invernali.

Dato il ruolo centrale che l’Oceano Meridionale svolge nel sistema climatico, ogni suo cambiamento ha conseguenze su scala globale.

Di seguito sono riassunte le principali tematiche scientifiche che sono state identificate come prioritarie dalla comunità italiana in occasione della già citata Conferenza Nazionale sulla ricerca in Antartide.

Le interazioni tra oceano, atmosfera e criosfera nell’Oceano Meridionale influenzano notevolmente il clima terrestre e l’innalzamento del livello del mare. La copertura di ghiaccio marino è estremamente sensibile agli aumenti di temperatura e di diminuzione di salinità dell’acqua. Le variazioni dell’estensione o del volume del ghiaccio marino inducono **cambiamenti nell’albedo della Terra, nella formazione delle masse d’acqua profonde e di fondo nonché nella ventilazione degli strati abissali, nello scambio di gas tra aria e mare influenzando significativamente i cambiamenti fisiologici degli organismi marini (dai microbi alle balene) e del loro habitat.**

La fusione della base dei ghiacciai, causata da incursioni di masse oceaniche sulla piattaforma continentale e dal riscaldamento del mare, influenza il bilancio d’acqua dolce e la stratificazione del mare alle alte latitudini, con evidenti conseguenze sulla stabilità della calotta antartica e sulla velocità con cui il ghiaccio continentale scorre verso il mare. Alcune aree della calotta antartica documentano, infatti, una rapida e significativa perdita di ghiaccio.

Osservazioni e misure locali suggeriscono che masse oceaniche relativamente più calde raggiungono la *ice-grounding zone* e fondono la base del ghiaccio riducendo i punti di ancoraggio della calotta al substrato, causando l'assottigliamento dei ghiacciai e il loro rapido ritiro. Non è chiaro però se esistono fattori che possono ostacolare questo processo e quindi impedire che esso causi irreversibilmente la fusione dell'intera calotta (o almeno delle parti di calotta che appoggiano sul fondo del mare). L'accelerazione e la portata del ritiro dei ghiacciai antartici in atto induce a prevedere un significativo innalzamento del livello del mare globale nell'arco di pochi decenni. Dal 1992, le misure altimetriche da satellite mostrano un aumento globale del livello del mare, con forti tendenze regionali.

Il riscaldamento dell'Oceano Meridionale avviene con maggiore velocità, ed a maggiore profondità, rispetto a quanto osservato in altre aree oceaniche del globo. **Gli strati superiori hanno evidenziato un addolcimento delle acque mentre è stato misurato un diffuso riscaldamento delle acque di fondo antartiche (AABW - Antarctic Bottom Water).** L'addolcimento delle masse d'acqua dovuto dalla fusione della base delle ice shelf, potrebbe causare un aumento della copertura del ghiaccio marino.

I cambiamenti della struttura fisica e biogeochimica dell'Oceano Meridionale sono già evidenti e ampiamente documentati. Allo stesso modo, i cambiamenti nell'estensione del ghiaccio marino mostrano forti trend a livello regionale: evidenti aumenti nel Mare di Ross e chiare diminuzioni ad ovest della Penisola Antartica. La presenza/assenza/invasione di ghiaccio ha notevoli ripercussioni sugli ecosistemi costieri e di mare aperto, con cambiamenti nei livelli della produzione e nella composizione specifica delle comunità planctoniche, che possono agire in maniera diversa sui cicli biogeochimici degli elementi, ed esercitare un forte controllo sull'intensità del trasporto verticale del carbonio.

Il rapido rilascio in mare di grandi quantità di acqua dolce per fusione della calotta glaciale, in passato, dedotto dalla disintegrazione in icebergs (vedi Heinrich event) ha inibito la circolazione termoalina del nord Atlantico e ha innescato periodi di raffreddamento e aridità, durati qualche centinaio di anni. Non sono stati ancora rilevati simili indizi nell'Oceano meridionale, che possano documentare fenomeni di collasso della calotta antartica, sebbene modelli teorici ipotizzano che *melt water pulses* siano avvenuti in concomitanza di periodi di rapido ritiro dei ghiacci e innalzamento del livello marino all'inizio degli intervalli interglaciali.

L'IPCC 2013 (Fifth Assessment Report) denuncia chiaramente che l'incertezza legata alla scarsa conoscenza dei processi in atto in Antartide, impedisce di produrre modelli di previsione del clima e dell'innalzamento del livello del mare, per i prossimi 100 anni, affidabili e realistici.

L'importanza di monitorare e studiare in modo multidisciplinare e di conoscere la velocità e le modalità dei processi che regolano l'Oceano Meridionale, in relazione al clima e alla dinamica dei ghiacci antartici è evidenziata da specifici quesiti dell'analisi effettuata dallo SCAR:

12. *Will changes in the Southern Ocean result in feedbacks that accelerate or slow the pace of climate change?*
13. *Why are the properties and volume of Antarctic Bottom Water changing, and what are the consequences for global ocean circulation and climate?*
14. *How does Southern Ocean circulation, including exchange with lower latitudes, respond to climate forcing?*
15. *What processes and feedbacks drive changes in the mass, properties and distribution of Antarctic sea ice?*
16. *How do changes in iceberg numbers and size distribution affect Antarctica and the Southern Ocean?*
18. *How will changes in ocean surface waves influence Antarctic sea ice and floating glacial ice?*

19. *How do changes in sea ice extent, seasonality and properties affect Antarctic atmospheric and oceanic circulation?*

Ancora oggi non è ben noto quando e come la ACC si sia definitivamente stabilita intorno all'Antartide e quando esso sia stato definitivamente isolato dal resto delle aree continentali. Queste informazioni sono determinanti anche per comprendere i meccanismi di biodiversità di speciazione faunistica a fronte di mutate condizioni ambientali. Mancano alcune informazioni chiave quali: (1) la calibrazione sedimentaria, ossia l'individuazione di quei livelli sedimentari che testimoniano un importante cambio paleogeografico da un regime ad un altro, o drastiche mutate condizioni ambientali, legate a cambiamenti paleoclimatici. Ciò a partire dal *Greenhouse world*, quando i livelli di CO₂ in atmosfera raggiungevano quelli previsti per i prossimi 100 anni; (2) se e quando gli alti strutturali, che ora compongono parte del margine meridionale del Mare di Scozia, abbiano impedito o meno un flusso di una corrente continua attraverso la regione o come sia avvenuta l'apertura del *Tasman gateway*, e la chiusura dei corridoi marini tra il Mare di Weddell e il Mare di Ross, quale fosse la paleocircolazione nel golfo australo-antartico e nell'Oceano Pacifico sud occidentale all'inizio delle glaciazioni; (3) l'età (e la natura crostale) dei bacini presenti lungo il margine meridionale del Mare di Scozia e delle dorsali vulcaniche che congiungono il Mare di Ross con le faglie trasformati oceaniche, e come l'evoluzione morfologica dell'Oceano meridionale e dei margini antartici abbia o meno influenzato il flusso delle correnti profonde e superficiali e la presenza di nicchie geografiche, in cui specie endemiche potessero sopravvivere durante l'espansione dei ghiacci in mare.

La necessità di confrontare serie storiche di dati e record geologici con osservazioni e misure dei fenomeni attuali per comprendere le cause, gli effetti locali e globali, l'impatto delle variazioni dell'Oceano Meridionale sugli ecosistemi, sulla biodiversità, sul clima e sul livello del mare globale è evidenziata da specifici quesiti dell'analisi effettuata dallo SCAR:

17. *How has Antarctic sea ice extent and volume varied over decadal to millennial time scales?*

20. *How do extreme events affect the Antarctic cryosphere and Southern Ocean?*

21. *How did the Antarctic cryosphere and the Southern Ocean contribute to glacial-interglacial cycles?*

È ormai ben noto **che l'Oceano Meridionale contribuisce più di qualsiasi altra area terrestre allo stoccaggio del calore e della CO₂ prodotta dalle attività naturali e antropiche.** Infatti, circa il 40% della CO₂ antropogenica è immagazzinata a sud di 30°S, mentre l'esportazione di nutrienti nei rami superficiali della circolazione termoalina supporta il 75% della produzione primaria mondiale a nord di 30°S. Il ramo di risalita della "overturning circulation" dell'Oceano Meridionale apporta carbonio e nutrienti allo strato superficiale, mentre i rami di "downwelling", portano ad un rinnovo delle acque profonde grazie allo sprofondamento di quelle superficiali che sono entrate in contatto con l'atmosfera e rappresentano uno dei processi più importanti per la regolazione climatica globale e nell'assorbimento di carbonio atmosferico. Il bilancio tra la risalita e il rilascio di CO₂ rispetto all'assorbimento di carbonio determina l'importanza dell'Oceano Meridionale nel contesto climatico.

Studi recenti evidenziano come la disponibilità di CO₂ e di ferro hanno implicazioni notevoli sui processi di produzione primaria con conseguenti cambiamenti in termini di composizione specifica e taglia delle comunità microalgali. Questi aspetti hanno un ruolo importante nell'efficienza della pompa biologica e nel modellare la rete alimentare con conseguenze nell'assorbimento di carbonio e nell'export verso il fondo.

L'assorbimento della CO₂ da parte dell'oceano sta cambiando anche il suo equilibrio chimico, aumentandone l'acidità e riducendo la concentrazione di ioni carbonato con un impatto devastante sull'ecosistema marino che porta alla dissoluzione dei gusci calcarei delle conchiglie di molluschi, echinodermi, alghe, coralli e plancton calcareo; in pratica, di tutti gli organismi la cui esistenza è legata alla fissazione di carbonato di calcio.

Il krill antartico (*Euphausia superba*) rappresenta una specie chiave nella rete alimentare soprattutto durante la tarda primavera australe. La dipendenza da una singola specie, l'unicità delle catene alimentari guidate, nell'evolversi della stagione, dallo scioglimento del pack-ice e dalla dinamica delle masse d'acqua di polynya, rendono il sistema dell'Oceano Meridionale altamente vulnerabile alla variabilità ed ai cambiamenti climatici.

Variazioni e alterazioni sono già evidenti in diversi comparti della catena alimentare dell'Oceano Meridionale (dal fitoplancton ai pinguini e foche) ma la mancanza di osservazioni a lungo periodo rende difficile valutare le tendenze e le conseguenze nel lungo termine.

La recente letteratura sottolinea come gli ecosistemi marini antartici si stanno adattando alle variazioni dell'habitat. Molti sforzi sono stati intrapresi per assemblare i risultati delle risposte biologiche ai cambiamenti, ma non è ancora possibile quantificarli perché la maggior parte degli studi sono stati centrati su singoli processi, su particolari organismi e spesso sviluppati a scala regionale. **La risposta dell'ecosistema marino antartico ai cambiamenti fisici e chimici dell'Oceano Meridionale rimane infatti ancora in gran parte sconosciuta.**

L'importanza di monitorare e studiare in modo multidisciplinare i processi di acidificazione delle acque, l'uptake di CO₂ e il trasferimento di carbonio lungo la rete trofica e al fondo in relazione alle variazioni della circolazione oceanica in funzione alla presenza di ghiaccio e alla sua velocità di fusione è evidenziata da specifici quesiti dell'analisi effettuata dallo SCAR:

22. *How will climate change affect the physical and biological uptake of CO₂ by the Southern Ocean?*
23. *How will changes in freshwater inputs affect ocean circulation and ecosystem processes?*

Gap scientifici individuati dalla comunità italiana

Nell'ambito delle principali tematiche scientifiche di interesse della comunità scientifica italiana sono state quindi identificate alcune lacune che, vista la competenza e il supporto infrastrutturale del PNRA, potrebbero essere colmate finalizzando verso questioni specifiche la futura ricerca del PNRA.

Qui di seguito vengono elencate delle indicazioni raccolte durante e successivamente al workshop:

1. Occorre approfondire lo studio sul ruolo della circolazione termoalina dell'Oceano Meridionale a scala di bacino e a scala locale, in relazione alla dinamica della calotta glaciale e del ghiaccio marino, attuale e passato.
2. Sono poco noti i processi e le interazioni tra piattaforma ghiacciata – circolazione generale, interazione iceberg – circolazione generale, interazione a scala locale tra iceberg e colonna d'acqua anche in relazione ai flussi biogeofisici. In questo contesto la dinamica e le interazioni tra acque di shelf e le acque di origine oceanica rivestono un ruolo chiave.
3. Occorrono misure e dati supportati da accurati modelli che possano definire la variabilità della ACC, del trasporto di calore e di massa attraverso gli stretti che costituiscono i *choke-points* (compresa la variabilità dell'Indonesian throughflow-ITF).
4. Sono necessari studi che riguardano i meccanismi della turbolenza tridimensionale e geostrofica; modelli ed osservazioni dovrebbero essere mirati a studiare il mescolamento a piccola scala, i processi a sub-mesoscala e mesoscala, l'impatto sulla larga scala e sulla variabilità intrinseca di bassa frequenza.
5. Occorrono osservazioni puntuali e temporali sulla dinamica del ghiaccio marino (formazione, scioglimento e dispersione regionale) e del ruolo del moto ondoso nella sua formazione.
6. Sono necessari rilievi batimetrici e geofisici di dettaglio e ad alta risoluzione essendo propedeutici ai campionamenti di acqua, di ghiaccio marino, di sedimento e delle comunità biologiche.
7. Sono necessarie misure per quantificare i livelli di produzione primaria e i flussi di carbonio tra ghiaccio-acqua-sedimento e valutare i pattern di trasferimento ai livelli trofici superiori e i meccanismi di accoppiamento pelagico-bentonico in relazione ai cambiamenti globali.
8. Sono necessari studi sulla componente microbica sia in termini di biodiversità strutturale e funzionale sia in termini di funzionamento ecosistemico in relazione alle variazioni dei parametri ambientali in atto (PAR, UV-A e UV-B, temperatura, vento, copertura del ghiaccio, ecc..).
9. Occorrono studi sugli effetti della biodisponibilità del ferro sulla produzione fotosintetica e sullo *shift* della composizione specifica delle comunità microalgali e del loro impatto sull'esportazione di carbonio nelle acque profonde.
10. Esperimenti di incubazione in condizioni di stress (situ simulato) sono auspicabili per individuare gli effetti di molteplici fattori sulle comunità planctoniche e bentoniche.
11. Occorre approfondire: a) l'analisi della struttura e dinamica delle comunità microalgali simpagiche, pelagiche e bentoniche; b) le ripercussioni sulle reti trofiche alla luce delle variazioni chimico/fisiche in atto; c) le risposte a lungo termine da parte di organismi chiave rispetto ai principali cambiamenti climatici, in particolare innalzamento temperatura ed acidificazione; d) le risposte a livello ecosistemico, con particolare attenzione alle variazioni

della struttura e funzionamento delle reti alimentari in risposta alle variazioni della pCO₂ atmosferica ed all'acidificazione oceanica.

12. Sono essenziali studi mirati sul ciclo vitale di specie chiavi nella rete trofica antartica: *Euphausia superba* (krill), *Euphausia crystallorophias* (ice-krill), *Limacina helicina antarctica* (mollusco pteropode) e *Pleuragramma antarcticum* (pesce).
13. Meriterebbero di essere approfonditi gli studi sul ruolo dei predatori intermedi e apicali (uccelli marini) e la relazione con le altre componenti dell'ecosistema marino: a) distribuzione post riproduttiva e aree di svernamento (e relazione con il ghiaccio marino); b) individuare le aree "hot spot" in mare aperto (e relazione con il ghiaccio marino); 3) dinamiche tra metapopolazioni (filopatria, processi source/ sink, migrazione post invernale)
14. Occorre ampliare il periodo delle misure, delle osservazioni e dei campionamenti potendo operare quindi anche in periodi non estivi [primaverili (scioglimento del ghiaccio marino) e autunnali (formazione di ghiaccio marino)].
15. Occorre preservare e ampliare le serie temporali attualmente acquisite nel Mare di Ross che rappresentano *un unicum* della comunità scientifica antartica italiana ampiamente apprezzato anche a livello internazionale.
16. E' necessaria l'Analisi comparativa tra serie di dati storici circa la copertura del sea ice, le caratteristiche delle colonna d'acqua e le risposte da parte di organismi chiave planctonici e bentonici.
17. Occorre identificare serie espanse di sedimenti marini mediante indagini di sismica a riflessione e di rilievi morfobatimetrici. Il campionamento di tali serie è necessario per ottenere record diretti delle variazioni paleoclimatiche, paleoambientali, paleoceanografiche negli intervalli glaciali e interglaciali del tardo quaternario, ad alta risoluzione. Successioni di sedimenti marini continui ed espansi permettono anche di ricostruire le variazioni della copertura del ghiaccio e della frequenza degli iceberg nel tempo.
18. E' importante comprendere il ruolo dell'evoluzione geologica regionale e della dinamica della calotta glaciale sulla circolazione nell'Oceano meridionale e sulla biodiversità, mediante perforazioni e dati di geofisica; Investigare le relazione tra correnti di fondo e dinamica sedimentaria attuale (caratteristiche fisiche dei sedimenti di fondo) per calibrare i modelli di circolazione attuale con l'obiettivo di ricostruire le caratteristiche delle paleocorrenti.
19. E' stato evidenziato come lo studio mediante analisi di sedimenti e dati geofisici sia lo strumento per comprendere le cause e degli effetti sull'ambiente marino del riscaldamento climatico avvenuto alla fine dell'ultima glaciazione o in seguito a eventi estremi e ricorrenti a varie scale spazio/temporali (come per esempio disintegrazione della calotta, immissione rapida in mare di grandi quantità di acque di fusione glaciale "*meltwater pulse*", acidificazione....)
20. Studio dei processi fisico-geochimici e biologici attuali e passati, legati alla stabilità dei pendii marini antartici, in funzione dei cambiamenti climatici e degli apporti di sedimento glaciale.
21. Studio di ecosistemi specifici, che si sviluppano e sopravvivono a diversi cicli climatici, in zone di fuoriuscita di fluidi dai sedimenti. Tali organismi, osservati in diverse zone del Mare di Ross, possono essere utilizzati come indicatori di variazioni di temperatura e composizione delle masse d'acqua e del livello del mare, anche in zone prossimali alla calotta antartica.

Aree geografiche e fisiografiche di interesse della comunità italiana

Le scale temporali e spaziali dei fenomeni da studiare, la loro stessa intrinseca valenza climatica, impongono indagini sperimentali e modellistiche non confinabili a priori in specifiche aree geografiche. Se gli studi modellistici possono quindi definire con ampi gradi di libertà le aree di lavoro, le indagini sperimentali devono necessariamente contare sui contributi delle risorse logistiche del PNRA che sono inevitabilmente concentrate nelle aree geografiche dove sono allocate le basi scientifiche. Negli ultimi anni il PNRA ha comunque incentivato, anche attraverso l'emanazione di appositi bandi, le attività di ricerca da svolgere su piattaforme straniere con l'obiettivo di ampliare le aree e le tematiche di ricerca anche in una ottica bipolare.

Rimango in ogni modo prioritarie le aree:

- Mare di Ross.
- Stretti della ACC (a sud della Nuova Zelanda, del Sud Africa, del Sud America).
- Penisola Antartica, Bellingshausen e Amundsen Sea.
- Transetti latitudinali dalle zone prossimali al ghiaccio sino al Fronte Sub Tropicale (limite Oceano Meridionale), settore Pacifico.
- Scarpata continentale.
- Aree di polynya.
- Ross Ice Shelf.

Metodologie e strumenti

La comunità scientifica intervenuta al workshop W2 ha inoltre evidenziato alcuni punti di criticità da tenere in conto nel prossimo futuro riguardo:

- **l'improcrastinabile esigenza di dotare il PNRA di un idoneo mezzo navale dedicato alle ricerche oceanografiche polari (sia nella colonna d'acqua che nei sedimenti marini) - anche in periodi non estivi - in un contesto multidisciplinare;**
- **l'improcrastinabile esigenza di aggiornare la dotazione strumentale e le infrastrutture esistenti in relazione al progresso tecnologico degli ultimi 20 anni (compresa la valutazione e riqualificazione del parco GIC e SIA esistente);**
- l'esigenza di poter utilizzare nuove risorse e approcci strumentali (AUV, glider, floats, turbulence profiler, droni, ROV, boe, lidar, microness, telemetria satellitare ...) per effettuare misure precedentemente non effettuabili (come ad esempio sotto il ghiaccio marino e continentale);
- l'esigenza di partecipare a grandi progetti internazionali di perforazione in mare (IODP) o su piattaforme ghiacciate (ANDRILL) e di acquisire carote (decine di metri) di sedimento in zone accessibili con navi rompighiaccio e con sistemi di posizionamento dinamico;
- l'esigenza di potenziare e valorizzare le stazioni delle reti osservative esistenti con l'introduzione di nuovi parametri e sistemi/strumenti di misura (es. misuratori automatici di CO₂ in mare, up-looking sonar per la determinazione dello spessore del ghiaccio marino);
- la necessità di archiviare, integrare e rendere pubblicamente accessibili i dati set acquisiti: fisica, biogeochimica, sedimentologia, morfobatimetria, geofisica, specie chiavi (data/data e data/modeling);
- l'esigenza di poter contare su bandi per il finanziamento di progetti di ricerca con cadenza fissa e programmata, per permettere di instaurare collaborazioni internazionali, pianificando

esperimenti congiunti (per condividere ed ottimizzare le risorse umane, logistiche e strumentali);

- l'esigenza di continuare la formazione, potenziare il reclutamento e il supporto post-dottorato di una nuova generazione di giovani ricercatori;
- la necessità di applicare tecniche e approcci metodologici innovativi nell'ambito di ricerche multidisciplinari
- l'opportunità di effettuare rianalisi dei dati e campioni acquisiti con metodologie avanzate, strumentazioni e conoscenze attualmente disponibili

Ambito internazionale

La pianificazione e l'attuazione delle iniziative scientifiche sono da coordinare in un ambito sempre più internazionale per ottimizzare risorse e risultati scientifici. Possibili programmi internazionali con i quali interagire sono:

- SOOS – Southern Ocean Observing System (partecipazione ai processi decisionali, workshop e alle iniziative, link alla banca dati MORSEA)
- WOCE - World Ocean Circulation Experiment (partecipazione ai workshop e alle iniziative)
- GOOS - Global Ocean Observing System (partecipazione ai workshop e alle iniziative)
- IODP – International Oceanic Discovery Program (partecipazione ai proposal/progetti di perforazione, ai workshop e alle iniziative)
- AnDrill - ANtarctic geological DRILLing (partecipazione ai proposal/progetti di perforazione, ai workshop e alle iniziative)
- PAIS – Past Antarctic Ice Sheet Dynamics (co-leadership, partecipazione ai workshop e alle iniziative)
- CCAMLR - Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources
- IBCSO – International Bathymetric Chart of the Southern Ocean (contributo alle carte batimetriche con dati)
- SOLAS - Surface Ocean Lower Atmosphere (partecipazione ai workshop e alle iniziative)
- Antarctic SDLS Seismic Data Library System (leadership, management, data contribution)
- FUTURE EARTH and the related research projects, among others: AIMES — Analysis, Integration and Modelling of the Earth System; bioDISCOVERY; IMBER — Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research; PAGES - Past Global Changes (partecipazione ai workshop e alle iniziative).

Considerazioni finali

La comunità scientifica italiana, da anni impegnata nello studio della dinamica marina e delle masse d'acqua, delle interazioni aria-giaccio-mare, del record sedimentario paleoclimatico e paleoceanografico, del Mare di Ross e dell'Oceano Meridionale ha la competenza e i dati per fornire un valido contributo alla conoscenza dei processi che avvengono e che sono avvenuti in passato in queste aree.

La comunità scientifica italiana evidenzia la necessità di approfondire tali conoscenze, di sostenere e implementare le serie storiche e i dati acquisiti in zone chiave del Mare di Ross, lungo il margine

continentale est antartico, Penisola Antartica, Bellingshausen e Amundsen Sea, nell'Oceano Pacifico e Indiano meridionali (polynye, aree frontali, piattaforme di ghiaccio, ciglio e scarpata continentale).

Si concorda che il modo migliore per comprendere i processi è intraprendendo studi di tipo multidisciplinare, come indicato dalle linee guida dello SCAR. Le indagini acustiche sono fondamentali a individuare le zone più adatte per il campionamento del ghiaccio marino, della colonna d'acqua, del sedimento e di nicchie ecologiche specifiche. Allo stesso tempo la misura e il campionamento diretto sono fondamentali per tarare e interpretare il significato degli orizzonti e delle morfologie rilevati dalle indagini acustiche.

Si suggerisce di acquisire misure e campioni nella colonna d'acqua, nel ghiaccio marino, sul fondo del mare e nel substrato sedimentario, impiegando tutti i mezzi e le tecniche a disposizione (compreso i sistemi "unmanned"), acquisendo nuova strumentazione in sostituzione di quella esistente ormai obsoleta e, improrogabilmente, individuando un nuovo mezzo navale idoneo a condurre studi oceanografici e geofisici multidisciplinari in aree coperte dal ghiaccio, anche in periodi invernali.

Qualsiasi strategia a medio e lungo termine del PNRA non può trascurare misure per la formazione ed il reclutamento di una nuova generazione di ricercatori "polari" che possa dare nuovi e originali impulsi alle ricerche italiane in un contesto multidisciplinare ed internazionale.

La discussione stimolata dalla Conferenza Nazionale sulla ricerca in Antartide ha prodotto numerosi spunti approfondimento che saranno oggetto di workshop tematici che verranno organizzati dalla prossima primavera 2016.