

**Domanda del GdL Terra Australis:**  
**Notizie sulla Stazione Mario Zucchelli a Baia Terra Nova**

La Stazione costiera, che sorge su una propaggine di granito a Baia Terra Nova (Mare di Ross, Terra Vittoria) in una posizione facilmente accessibile dal mare, è stata dedicata alla memoria di Mario Zucchelli nel 2004 (74°42' S, 164°07' E). La sua costruzione iniziò durante la seconda spedizione (1986-1987). Alla fine della campagna la stazione era formata da due file di 17 moduli prefabbricati ISO 20', affiancati e separati da un corridoio, e da 3 moduli esterni, ad una decina di metri dal corpo principale, contenenti la centrale elettrica e l'officina, per una superficie totale coperta di circa 670 mq. Dodici moduli erano adibiti ad alloggi, per una recettività massima di 48 persone, i rimanenti erano dedicati a: servizi igienici, cucina, mensa, magazzini, celle frigorifere, infermeria, sala radio, uffici e laboratori scientifici. Gli edifici della stazione furono poggiati su una struttura metallica disposta su piedi di 1,5 m di altezza, per evitare l'accumulo di neve, ancorati rigidamente al terreno, per resistere ai forti venti catabatici che nel periodo invernale possono soffiare fino a oltre 220 km/ora. Tra le infrastrutture esterne furono realizzate anche la viabilità, un helipad, un'area deposito carburanti e banchine di ormeggio per piccole imbarcazioni. L'energia elettrica era fornita da 2 gruppi Mercedes da 175 Kva di potenza ciascuno. Per le comunicazioni a lunga distanza fu installato un sistema di comunicazione via satellite (SATCOM), inserito nella rete INMARSAT, sistema all'epoca utilizzato da diverse stazioni scientifiche, tra cui la stazione di McMurdo, che dista poco più di 350 km da Baia Terra Nova.

Nel corso degli anni la stazione è stata ampliata, per rispondere alle crescenti esigenze ed alla complessità dei programmi scientifici di ricerca. Questa operazione cominciò già dalla spedizione 1987-1988, quando fu aggiunta un'ala composta da 6 moduli prefabbricati da adibire a laboratori e fu posto, a circa 500 m di distanza dal corpo principale, il primo container di quella struttura che sarebbe diventata l'Osservatorio Antartico Sub-millimetrico e Infrarosso (OASI). Sempre in questo periodo, in 2 container affiancati e tra loro comunicanti, fu installato un inceneritore, in grado di smaltire l'intera produzione di rifiuti combustibili della stazione. Per quanto riguarda le telecomunicazioni fu acquisito un secondo terminale INMARSAT (TBAY), per aumentare sia la sicurezza dei collegamenti sia la qualità del livello di ricezione. Per le medie distanze veniva inoltre utilizzato un apparato ad onda corta (HF) di piccola potenza. Per una riserva di carburante adeguata per l'operatività del PNRA sono stati installati nel tempo 3 serbatoi da 600 m3 ciascuno, che vengono riforniti di volta in volta dalla nave cargo-tanker. Presso la Stazione Mario Zucchelli è anche possibile effettuare attività subacquee per la presenza di una camera iperbarica.

Allo stato attuale la stazione ha una superficie coperta di circa 7500 mq, è dotata, a regime, di 80 posti letto, che, in casi eccezionali, possono diventare 120. I servizi sono stati adeguati di conseguenza, non solo dotando la stazione di laboratori commisurati alle varie attività di ricerca, ma anche migliorando le prestazioni dei vari impianti. In particolare, i sistemi interessati sono quello di produzione e distribuzione di energia elettrica e termica e l'impianto di cogenerazione che permette il recupero dell'energia termica prodotta dai generatori. La stazione è inoltre dotata di un dissalatore ad osmosi inversa, con una produzione media di acqua dolce di 14 m3/giorno, un depuratore per le acque reflue, un inceneritore, un liquefattore per l'azoto e uno per l'elio ed un acquario, composto da 6 vasche con sistema di controllo della temperatura, per lo studio degli organismi marini.

Per controllare a distanza i dati rilevati dai vari osservatori, è stato messo a punto il sistema di alimentazione AIM (Modulo Integrato Automatico) tramite piccoli generatori diesel che hanno funzionato in esercizio continuo da Gennaio 1991 fino a Ottobre 1997. In tale data è stato installato un nuovo modulo per la produzione e distribuzione di energia elettrica agli osservatori scientifici, denominato PAT (Piattaforma Automatica Telecontrollata). Il modulo comprende sei elettrogeneratori Diesel più un quadro di controllo, il tutto inserito in un container ISO 30' permette la trasmissione dati in condizioni di base non assistita.

Tra i servizi presso la Stazione Mario Zucchelli, oltre ad una piccola sala chirurgica e pronto soccorso, esiste una sala operativa, attiva 24h24 per il coordinamento di tutte le operazioni, anche remote. Il servizio di meteorologia fornisce previsioni meteo per la pianificazione e l'assistenza a tutte le attività della stazione, in particolare a quelle aeree. Allo scopo vengono utilizzate sia misure in loco (15 stazioni meteo + 2 stazioni di radiosondaggio), sia i risultati di due modelli numerici; completano il quadro due stazioni per la ricezione di immagini dai satelliti meteorologici, dalle quali sono anche ricavate la mappa dei ghiacci quale ausilio alla navigazione, e la fornitura settimanale, dall'Italia, di immagini radar ad alta definizione del ghiaccio marino.

### **Stazione Concordia**

Già dalla IX spedizione (1993-1994) furono effettuate le prime ricognizioni sul plateau antartico, nell'ambito dell'accordo italo-francese, per la realizzazione di una stazione scientifica. Per la costruzione venne scelta la località di Dome C, considerata il sito di eccellenza per le ricerche di astronomia e astrofisica, scienze dell'atmosfera, glaciologia e paleoclima, biologia e medicina, telerilevamento. La stazione, denominata Concordia, si trova a 3233 m s.l.m., 75° 06' S, 123° 21' E, è distante 1200 km dalla stazione Mario Zucchelli e 1100 km dalla stazione francese Dumont d'Urville.

La sua costruzione ha richiesto un lungo periodo preparatorio, durante il quale i materiali per la realizzazione furono trasportati tramite traverse (convogli di mezzi cingolati trainanti slitte e/o rimorchi) che partivano da Cape Prud'Homme, in prossimità della stazione francese di Dumont d'Urville; soltanto durante la XV spedizione (1999-2000) furono gettate le basi per la stazione permanente. Nel frattempo, durante la campagna 1996-1997, fu iniziata l'installazione di un campo, denominato "campo di montaggio", dedicato al personale logistico ed al personale del programma di perforazione profonda EPICA che veniva svolto in parallelo. All'inizio delle attività le strutture di supporto a disposizione erano: 1 caravan 10x3 m, dotato di 6 posti letto, cucina, doccia, WC elettrico e gruppo elettrogeno, 1 container con 4 posti letto, 1 container con 1 WC elettrico e spazi uso deposito ed 1 container deposito attrezzi. Durante la campagna furono costruite 4 tende dormitorio da 6 posti letto, 1 tenda multiuso adibita a sala mensa - uffici - tempo libero, 2 tende deposito, 1 tenda perforazione; un gruppo di 3 container ISO 20' contenevano 2 gruppi elettrogeni da 200 kVA ed il sistema di produzione acqua.

L'infermeria, una cabina letto e la sala radio erano alloggiati in altrettanti container; 2 depositi di carburante, uno di gasolio e di benzina ed uno di kerosene avio Jet A1 furono realizzati in aree appositamente predisposte. A fine campagna erano disponibili complessivamente 35 posti letto. Durante la spedizione successiva furono migliorate le comunicazioni con nuove installazioni di antenne HF da 12 m, di un sistema interlink VHF-HF ed un sistema satellitare digitale INMARSAT standard B; fu installata e posta in esercizio una stazione meteorologica VAISALA AW11; fu montata la zona giorno del campo di montaggio (8 container) corredata di impianti idraulici ed elettrici; furono altresì montati 1 tenda officina, 1 tenda garage, edifici buffer, laboratorio 1 (43 mq) e 2 (25 mq). Per l'immagazzinamento durante l'inverno delle carote di ghiaccio fu realizzato un magazzino a 6.4 m sotto la superficie nevosa. Il campo di montaggio, ancora funzionante nonostante l'apertura della Stazione Concordia, può alloggiare, durante il periodo estivo (per questo è detto anche campo estivo) fino ad un massimo di 55 persone.

La stazione Concordia è costituita da 2 edifici cilindrici uniti da un corridoio. In uno dei cilindri, denominato "rumoroso", si trovano: cucina, mensa, zona tempo libero, magazzini, officine, uffici; nell'altro, denominato "calmo", si trovano: zona notte, infermeria, laboratori, altri uffici.

Ogni edificio ha un diametro di 18,5 m, un'altezza di 11 metri su 3 piani, ciascuno di 250 mq, ed un'altezza totale di 14 m; il tutto per una superficie utile complessiva di 1800 mq. (compresi gli impianti di servizio). Ogni edificio poggia su 6 grandi piedi esagonali che possono essere alzati o abbassati per compensare lo sprofondamento nella neve degli edifici. La ricettività prevede 32 persone nella stagione estiva e 16 in quella invernale. Ogni persona può usufruire di 200 litri di acqua al giorno, di cui 50 sono ottenuti dalla fusione della neve, e 150 sono prodotti dal riciclo delle acque grigie. La stazione, nella XX spedizione (2004-2005), è divenuta operativa rimanendo aperta durante l'inverno australe.

A partire dalla XX spedizione, ed in concomitanza con il primo inverno in cui la Stazione Concordia è stata operativa, sono state installate una stazione meteorologica di riferimento per il sito ed una stazione di radiosondaggi, che misura i profili verticali delle grandezze meteorologiche dal suolo a circa 20-30 km di quota.

### **Midpoint**

Si trova tra la base Mario Zucchelli e la stazione Concordia. E' un punto di rifornimento per i voli aerei tra le due basi ed un appoggio per i ricercatori glaciologi e geologi.

## **Domanda del GdL Terra Australis:**

### **Scoperte varie effettuate in Antartide e basi italiane in Antartide**

#### **La ricerca scientifica**

Il Programma Nazionale di Ricerche in Antartide è organizzato in 11 Settori di ricerca, dieci dei quali attengono a discipline scientifiche ed uno a ricerche tecnologiche.

Gli 11 settori sono nell'ordine, Biologia e Medicina, Geodesia ed Osservatori, Geofisica, Geologia, Glaciologia, Fisica e Chimica dell'atmosfera, Relazioni Sole-Terra ed Astrofisica, Oceanografia ed Ecologia marina, Contaminazione chimica, Scienze giuridiche e geografiche e Tecnologie. Ad esse si aggiunge l'attività del Museo Nazionale dell'Antartide nelle sue tre sedi di Genova, Siena e Trieste.

#### **Biologia**

Nella biologia antartica, lo studio della biodiversità è di importanza fondamentale in quanto essa è, strettamente collegata con i mutamenti ambientali indotti dall'uomo. Pertanto in questo scenario il mantenimento della biodiversità è un obiettivo primario. Un passo necessario per prefigurare questo mantenimento è l'analisi dei meccanismi fisiologici e biochimici che sono alla base della biodiversità degli ecosistemi. Questa analisi implica uno studio accurato delle strategie adattive fisiologiche e biochimiche degli organismi antartici marini e terrestri. Punto d'inizio è l'identificazione di specie-modello che, avendo sviluppato gli adattamenti necessari a vivere nelle loro nicchie ecologiche, possono rappresentare "sonde biologiche per il monitoraggio di mutamenti indotti dall'uomo che possano danneggiare la biodiversità.

In Antartide, l'ittiofauna è costituita per il 50-60 per cento da pesci di un unico sottordine quello dei Nototenoioidei, che comprende 8 famiglie (due sono monotipiche); una, quella degli icefish, è priva di emoglobina. Essa ha sviluppato meccanismi di adattamento fisiologico e biochimico che la rendono unica al mondo e che illustrano le strategie cui possono far ricorso gli organismi viventi in risposta ad una forte pressione ambientale.

La comprensione di come i pesci si siano evoluti per potersi adattare richiede lo studio dei meccanismi molecolari alla base degli adattamenti. A  $-1,9^{\circ}\text{C}$  la sopravvivenza di pesci di acque temperate sarebbe impossibile. Gli studi in questo campo, coordinati dall'Istituto di Biochimica delle Proteine ed Enzimologia di Napoli, appartengono ormai alla tradizione storica del Consiglio Nazionale delle Ricerche e rappresentano una delle più feconde espressioni della ricerca scientifica italiana in campo internazionale.

Le tematiche scientifiche dell'area Biologia e Biomedicina sono

- Adattamento evolutivo negli organismi marini
  - Trasporto dell'Ossigeno
  - Enzimi e metabolismo
  - Proteine con funzioni di trasporto
  - Immunoglobuline
  - Membrane cellulari
  - Sviluppo e crescita Sistema cardiocircolatorio
  - Cromosomi
- Ecofisiologia ed ecotossicologia
  - Bioindicatori di sostanze tossiche
  - Accumulo di metalli pesanti
  - Effetti di sostanze tossiche
  - Sostanze terapeutiche
  - Sperimentazioni su popolazioni

Accanto ad essi, il Programma Nazionale di Ricerche in Antartide sviluppa da anni ricerche di ecotossicologia, ecofisiologia ed evoluzione, coordinati dalle università di Siena e Camerino. Questi studi, che costituiscono parte essenziale del Global Change, aiuteranno anche a comprendere come organismi specializzati possano reagire a cambiamenti ambientali causati dall'uomo.

Per lo sviluppo di queste ricerche il dialogo tra ecologia e modo di vita da una parte, e fisiologia, biochimica e biologia molecolare dall'altra diventa essenziale. Infatti, la complessità dell'adattamento evolutivo richiede un approccio multidisciplinare nel quale molte discipline (che oggi si servono di tecnologie molto avanzate) vengano utilizzate in modo coordinato e complementare per studiare molecole, cellule, organo e organismo attraverso l'azione concertata di vari laboratori in Italia ed in altre nazioni.

### Glaciologia

Il ghiaccio continentale e marino, con le sue implicazioni sul clima e sulla vita terrestre e marina è certamente uno degli argomenti fondamentali del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide. Due sono gli aspetti principali che riguardano il ruolo del ghiaccio; il bilancio di massa della calotta glaciale e l'influenza del ghiaccio marino sulla circolazione oceanica e sulla biologia.

Le tematiche scientifiche dell'area Glaciologia sono:

- Glaciologia
  - Bilancio di massa ed oscillazioni
  - Formazione del ghiaccio
  - Spessori e topografia profonda
- Paleoclima
  - Evoluzione della calotta antartica
  - Carotaggi profondi (EPICA)
  - Profili e carotaggi dei fondali marini
  - Permafrost
- Meteoriti

Per quanto riguarda il primo aspetto, la calotta antartica contiene una quantità di ghiaccio che, completamente fuso, provocherebbe un aumento del livello del mare di oltre 60 metri. La quantità di neve che si deposita annualmente sulla calotta antartica equivale a circa 5 mm di altezza del livello medio degli oceani. Questo accumulo viene poi restituito al mare attraverso le lingue di ghiaccio che originano gli iceberg e la fusione delle piattaforme galleggianti; un bilancio negativo di questo meccanismo potrebbe spiegare l'aumento di circa 1.5 mm/anno del livello medio marino che si sta riscontrando.

A tutt'oggi, però, non si è in grado di confermare questa ipotesi o se invece la calotta antartica contribuisca a limitare l'aumento del livello marino dovuto ad altre cause (es. espansione termica). Il problema di come le calotte polari reagiscano ad un aumento di temperatura del pianeta è dunque il tema dominante degli studi glaciali. Un aumento di temperatura, se da un lato comporta un maggior scioglimento di ghiaccio, dall'altro può indurre una maggiore evaporazione e quindi un maggior accumulo di neve sulle calotte. I due processi (maggiore velocità di fusione e maggiore accumulo) sono legati a scale di tempo diverse, così che potrebbero verificarsi in sequenza, producendo dapprima una diminuzione del livello marino dovuta ad un maggior accumulo di neve, seguito poi da un suo rapido aumento dovuto alla fusione della calotta. Possibili indicazioni andranno ricercate nello studio del paleoclima, attraverso l'individuazione di analoghe situazioni verificatesi in passato.

In alcuni siti dell'Antartide (in particolare presso la stazione Russa di Vostok e di Dome C) e dell'Artide (Groenlandia), carotaggi profondi della calotta di ghiaccio hanno messo in evidenza le variazioni di temperatura, il contenuto di CO<sub>2</sub>, i livelli di ozono e la pressione atmosferica del passato con precisione stagionale, insieme alle polveri di eruzioni vulcaniche anche di origine lontana. L'alta risoluzione delle informazioni contenute dai pozzi di perforazione profonda delle calotte polari (oltre 2500 metri) fornisce la descrizione climatica di un passato non così esteso come altri tipi di perforazioni ma estremamente dettagliato e ricco di informazioni. Da questi studi appare particolarmente evidente la perfetta fase fra aumento di CO<sub>2</sub> ed aumento di temperatura, nonché l'esistenza, negli ultimi 170 mila anni, di eventi che hanno cambiato profondamente il clima terrestre nell'arco di tempo equivalente ad una generazione umana.

Attualmente, il Programma Nazionale di Ricerche in Antartide è impegnato nello sviluppo del progetto europeo EPICA, che prevede una serie di perforazioni profonde nella calotta antartica, una delle quali è terminata, presso la stazione Concordia a Dome C.

### Atmosfera

I gas atmosferici e le nubi giocano un ruolo fondamentale nella determinazione del bilancio di energia del pianeta; a seconda della loro costituzione chimica e della riflettività della superficie terrestre talvolta provocano un effetto di raffreddamento, impedendo alla radiazione solare di penetrare nell'atmosfera, talaltra di riscaldamento, assorbendo la radiazione solare e quella infrarossa emessa dalla terra. Nelle aree polari, per le loro caratteristiche di riflessione dovute alla presenza del ghiaccio, qualunque tipo di gas o di aerosol produce l'effetto di diminuire l'albedo planetario e quindi di favorire il riscaldamento dell'atmosfera. Ciò è tanto più marcato, quando i gas presenti sono i così detti gas-serra di origine antropica (CO<sub>2</sub>, protossido d'azoto, metano, clorofluorocaburi). Oggi si può affermare che l'anidride carbonica sia attualmente l'agente primario dei cambiamenti climatici globali, il cui progressivo aumento di concentrazione rappresenta il 55% del contributo totale degli altri gas serra.

Le tematiche scientifiche dell'area Fisica e Chimica dell'atmosfera sono:

#### FISICA E CHIMICA DELL'ATMOSFERA

- Fisica dello Strato Limite Planetario
- Meteorologia e Climatologia
- Bilancio di radiazioni
- Ruolo delle nubi
- Aerosol e costituenti minori
- Ozono e radiazione ultravioletta

La dinamica atmosferica, costituisce un altro fattore determinante ai fini delle caratteristiche climatiche delle regioni polari. Di fondamentale interesse è il vento catabatico, fenomeno caratteristico delle regioni polari soprattutto Antartiche, originato dalla condensazione dell'aria per raffreddamento radiativo sull'altopiano continentale, con conseguente convergenza in punti di accumulazione e caduta gravitazionale sulle coste, lungo i canali costituiti dai ghiacciai. A questi venti viene attribuita la responsabilità dell'esistenza delle polinie, superfici marine perennemente libere da ghiacci in particolari zone costiere. Di conseguenza, i venti catabatici, per la loro durata e violenza, non si limitano ad essere un problema meteorologico, ma sembrano condizionare decisamente l'estensione di mare libero da ghiacci, le correnti e l'attività biologica marine.

L'atmosfera, ed in particolare la sua regione più prossima alla superficie terrestre, detta troposfera, è anche un serbatoio dinamico di aerosol e gas che, una volta emessi, possono essere trasportati attraverso grandi distanze all'interno del tempo di residenza della maggior parte di essi.

Le regioni polari sono sensibilissime ai cambiamenti della composizione atmosferica, sia per le caratteristiche stesse della circolazione generale atmosferica, generalmente convergente verso i poli, sia per i delicatissimi equilibri che regolano gli ecosistemi polari. Sostanze pensate e realizzate per le attività umane in aree industrializzate possono così avere conseguenze disastrose sul fragile ambiente polare che sono ancora ben lungi dall'essere pienamente conosciute. In particolare, si possono verificare effetti nuovi e persistenti di sostanze che interessano il comportamento e la riproduzione, così come effetti sinergici e cumulativi di differenti sostanze ed impatti.

Ancora da approfondire è il ruolo delle emissioni naturali dall'oceano, particolarmente per i componenti organici (Idrocarburi policromatici, Policlorobifenili), come non sono chiari i processi chimici che sono responsabili della formazione di aerosoli e del trasporto di ossidi d'azoto. Anche le proprietà ossidanti delle atmosfere polari non sono state del tutto comprese.

Infatti, i processi di degradazione in fase gassosa della maggior parte delle specie organiche e inorganiche sono controllati dai radicali che, a loro volta, sono controllati dai componenti troposferici in fase gassosa come ad esempio l'ozono: ma anche altre specie (per esempio, acido nitroso e aldeidi) possono produrre quantità sostanziali di radicali OH, specialmente nella primavera-estate polare, quando l'irradiazione solare raggiunge livelli elevati. Allo stesso tempo, diverse specie possono comportarsi da agenti di rimozione di radicali dando luogo a composti chimici che risultano dannosi per l'ambiente. Le mutue trasformazioni delle specie coinvolte in questi processi sono tali che la deposizione dei contaminanti sulle superfici tipiche delle regioni polari (neve, ghiaccio e acqua) può essere sostanzialmente cambiata. Questo implicherebbe un cambiamento nello scambio di massa atmosferico tra l'ecosistema in superficie e la troposfera.

Anche la composizione della stratosfera è stata perturbata dall'attività umana. La diminuzione dell'ozono planetario (il così detto "buco dell'ozono") è attualmente uno dei problemi chiave all'attenzione della comunità scientifica internazionale. Il depauperamento dell'ozono stratosferico alle latitudini polari viene attribuito ad una sequenza di reazioni chimiche che coinvolgono composti del cloro e del bromo derivati da composti organici semplici che contengono cloro, per esempio i clorofluorocarburi (CFC) e/o bromo. Quasi tutto il cloro e circa la metà del bromo nella stratosfera hanno origine da attività umane. L'attualità del fenomeno sta nel fatto che la distruzione dell'ozono stratosferico riduce la protezione contro la radiazione ultravioletta (UV), con potenziali e reali influenze sull'ecosistema planetario. La radiazione solare che raggiunge il pianeta nella regione dell'ultravioletto interagisce sia con l'atmosfera, inducendo variazioni alle condizioni climatiche di lungo periodo, sia con la biosfera provocando reazioni di difesa su alcuni biotipi od alterazioni più o meno permanenti su altri. Recenti studi hanno mostrato che sia gli ecosistemi terrestri che quelli acquatici sono sensibili all'esposizione agli UV, la quale inibisce la crescita e può essere considerata come un significativo fattore limitante ambientale. L'Antartide gioca un ruolo cruciale in questo fenomeno per due differenti aspetti. Il primo è legato alla presenza del Vortice Polare, che è una regione chiusa della stratosfera antartica, dovuta alla circolazione atmosferica, in grado di intrappolare le molecole di CFC; le quali, liberando cloro reattivo, innescano i processi chimici responsabili della distruzione dell'ozono (con formazione di monossido di cloro). Il secondo aspetto è la presenza delle Nubi Stratosferiche Polari, nubi freddissime situate intorno ai 20 km di altezza, che probabilmente costituiscono il principale catalizzatore del fenomeno.

In questi settori, il PNRA opera da tempo in cooperazione con università ed enti scientifici internazionali, anche nel quadro di importanti progetti come DOME C, APE, o di progetti multilaterali.

### Geodesia, Geofisica e Geologia

Le ricostruzioni ambientali del passato costituiscono un filone di ricerca di grande fascino nel campo delle attività polari. La risoluzione più elevata nelle ricostruzioni paleoclimatiche in aree polari si ottiene dalle carote di ghiaccio ottenute perforando le calotte polari; questa però non si estende a più di qualche centinaio di migliaia di anni nel passato. La sedimentazione sui margini continentali trattiene informazioni che si estendono fino al Cenozoico inferiore (65 milioni di anni), cioè a tempi precedenti alla formazione della calotta stessa, e sono quindi indispensabili per ricostruirne la storia e prevederne l'evoluzione. Si tratta di un settore di ricerca di grande attualità in quanto oggi non è nemmeno chiaro se l'aumento della temperatura globale di circa due gradi previsto a causa del così detto "effetto serra" produrrà un aumento oppure una diminuzione della calotta antartica.

Nell'ambito delle ricostruzioni paleoambientali, uno dei più recenti progetti internazionali di maggior fascino scientifico e complessità tecnica è il progetto CAPE ROBERTS, il cui obiettivo principale è quello di ricostruire l'evoluzione del clima dell'Antartide prima e durante la sua trasformazione da area temperata (30 milioni di anni fa) ad area glaciale. Il progetto, a cui partecipano oltre all'Italia, Stati Uniti, Germania, Nuova Zelanda, Australia e Gran Bretagna, utilizza carote di sedimento ricavate dalla perforazione del Fondo marino tramite una stazione costruita sul pack (ghiaccio marino). Fra i numerosi risultati già raggiunti, sono state scoperte tracce di una gigantesca eruzione avvenuta da un vulcano di cui non esiste più traccia.

Le tematiche scientifiche dell'area Geodesia ed Osservatori sono:

- Geodinamica tramite rete GPS a Baia Terra Nova e Dome C
- Cartografia convenzionale e digitale
- Misure mareografiche inserite nella rete GOSS
- Immagini satellitari Landsat, Spot, Ers1-2, Disp-Argon
- Misure geomagnetiche e sismologiche
- Osservazioni sismologiche a larga banda
- Osservazioni ionosferiche, riometriche e magnetiche
- Rete meteorologica

Lo studio dei margini della Placca Antartica e dei bacini che circondano l'Antartide è stato avviato nel 1993 con il coordinamento del Consiglio Nazionale delle Ricerche, successivamente assunto dall'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste. In questi anni gli studi si sono rivolti principalmente al settore della Penisola Antartica e dell'America meridionale. Oltre 14 gruppi di ricerca, molti dei quali del CNR, comprendenti più di 100 ricercatori di 21 istituti hanno svolto 5 progetti, pubblicando oltre 130 articoli scientifici dei quali più della metà su riviste internazionali. Dei due filoni principali di ricerca che compongono questi studi, il primo cerca di ricostruire l'evoluzione paleogeografica dell'Antartide attraverso lo studio delle strutture crostali e dei processi geodinamici, mentre il secondo studia le variazioni paleoambientali attraverso l'analisi dei sedimenti. I due filoni sono strettamente connessi tra loro in quanto non è possibile effettuare ricostruzioni paleoambientali accurate in assenza di un quadro paleogeografico affidabile.

Le tematiche scientifiche dell'area Geologia e Geofisica marina sono:

#### GEOLOGIA

- Caratteri evolutivi dell'Orogene di Ross
- Evoluzione del cratone est antartico
- Magmatismo connesso alla tettonica distensiva del Mare di Ross
- Processi distensivi connessi all'innalzamento della Catena Transantartica ed all'assottigliamento crostale del bacino di Ross
- Cartografia tematica della Terra Vittoria

#### GEOFISICA MARINA

- Margini della placca antartica e bacini periantartici
- Strutture costali e processi geodinamici
- Ricostruzioni paleoambientali da sedimenti
- Sistema deposizionale glaciale del margine pacifico della penisola antartica
- Punti tripli
- Penisola antartica e margine cileno
- Arco di Scozia e margine pacifico

Nell'ambito degli studi sulle strutture crostali e dei processi geodinamici, l'Istituto di Geologia Marina di Bologna ha dedicato una particolare attenzione al Punto Triplo di Bouvet. La Placca Antartica è quasi totalmente delimitata da dorsali oceaniche. Queste strutture, presenti in tutti gli oceani, si formano a causa dell'allontanamento di due placche e sono luoghi di formazione di nuova crosta oceanica. Il Punto Triplo di Bouvet è il luogo di incontro delle placche Antartica, Sud americana ed Africana ed è uno dei rari punti tripli al mondo formato da tre dorsali oceaniche. Gli studi in quest'area hanno dimostrato come le interazioni tra le tre dorsali siano particolarmente dinamiche; un'importante pulsazione magmatica nell'ultimo milione di anni ha generato un nuovo segmento della dorsale indiana; questo nuovo segmento si sta spostando verso nord alla velocità di 4-5 cm/anno, producendo così un'equivalente migrazione verso nord del punto Triplo di Bouvet ed una crescita della Placca Antartica.

#### Relazioni Sole-Terra

Lo spazio che circonda la terra è un ambiente assai complesso e estremamente variabile per quanto riguarda tutti i fenomeni di tipo elettromagnetico. Il campo magnetico terrestre (campo geomagnetico) può essere approssimato a un campo magnetico di dipolo il cui asse sia leggermente inclinato rispetto all'asse di rotazione terrestre.

Tale campo viene compresso dal vento solare lungo la congiungente Terra-Sole ed allungato nella direzione opposta, nelle regioni cioè della coda magnetosferica. Proprio per la particolare morfologia del campo geomagnetico, le linee di forza provenienti dalle regioni equatoriali della magnetosfera convergono, sulla terra, tutte nelle regioni polari, cosicché i processi che avvengono in regioni lontane della magnetosfera vengono in qualche modo proiettati sulla ionosfera terrestre ad alte latitudini. Le regioni artiche e antartiche sono quindi siti privilegiati per le osservazioni da terra dei fenomeni che hanno origine dall'interazione vento solare-magnetosfera.

Le tematiche scientifiche dell'area Relazioni Sole-Terra ed Astrofisica sono:

- Oscillazione della superficie solare (rete IRIS)
- Interazioni fra vento solare e magnetosfera
- Interazioni magnetosfera-ionosfera; tempeste magnetiche
- Aurore
- Raggi cosmici
- Networks AGONET e SUPERDARN
- Astronomia nell'infrarosso

Dunque, campagne di misura di parametri geospaziali condotte in Antartide possono essere considerate un utilissimo strumento per lo studio dei processi di connessione fra la magnetosfera terrestre e il vento solare. Le aurore sono la manifestazione visibile di questi processi, che comprendono, però, anche l'instaurarsi di una serie di sistemi di correnti ionosferiche, la precipitazione di particelle lungo le linee di campo, e la generazione di onde elettromagnetiche che possono essere misurate a terra. Questi fenomeni includono una grande varietà di impatti sulla società umana, dai disturbi alle operazioni di lancio ed ai sistemi spaziali, agli effetti sul controllo delle orbite delle stazioni spaziali, alle comunicazioni terra-terra e terra-spazio, fino a possibili effetti sul clima. Tutte queste influenze saranno di crescente preoccupazione per la società moderna, poiché hanno già causato danni e ci si aspetta che creino ancora più danni con la crescita della complessità della tecnologia, specialmente nei prossimi anni, quando l'attività solare, raggiunto il massimo di attività nell'anno 2000, rimarrà alta per diversi anni.

Il Programma Nazionale di Ricerche in Antartide è particolarmente attivo nello studio di questa vasta fenomenologia, che viene compiuto utilizzando strumentazione ottica, per le osservazioni aurorali, magnetometri, per la rilevazione delle variazioni di campo magnetico a terra, riometri, per la misura delle modulazioni dell'opacità ionosferica dovute alle precipitazioni di particelle e ricevitori VLF/ELF. Tra i più recenti ed avanzati sistemi per lo studio degli effetti del plasma sulla magnetosfera e ionosfera terrestre, il sistema SuperDARN (Super Dual Auroral Radar Network) rappresenta uno dei più efficaci esempi di cooperazione internazionale, cui l'Italia partecipa attraverso il Programma Nazionale di Ricerche in Antartide ed il CNR. Il sistema consiste di otto coppie di radar nella regione artica, e due coppie di radar nella regione antartica, che misurano la velocità, dei centri di diffusione della radiazione elettromagnetica emessa dal radar stesso, misurando lo spostamento in frequenza per effetto Doppler dell'eco ricevuto.

Un ulteriore interessante aspetto delle relazioni fra Sole e Terra sono i così detti raggi cosmici. I raggi cosmici sono particelle cariche di origine extraterrestre che raggiungono la sommità dell'atmosfera terrestre da tutte le direzioni. Il loro studio fornisce uno strumento valido per accrescere le nostre conoscenze della fisica spaziale e solare e permette di discriminare gli effetti indotti dal sole nell'ambiente terrestre da quelli naturali o indotti dall'uomo.

### Oceanografia

Accanto alla funzione di indicatore climatico e di archivio degli eventi passati, il ghiaccio svolge una funzione fondamentale sullo sviluppo e sul mantenimento della vita negli oceani.

Le tematiche scientifiche dell'area Oceanografia ed Ecologia marina sono:

- Formazione e diffusione delle acque fredde
- Idrologia e dinamica delle polinie
- Scambi aria-mare e sedimentazione Biogenica
- Krill ed altre risorse marine viventi
- Dinamica dell'ecosistema ghiaccio marino
- L'area marina protetta di Baia Terra Nova

Esistono oggi molte evidenze che il ghiaccio marino sia un biotipo chiave dell'ecosistema marino antartico e che la produzione primaria operata dalla biomassa entro il ghiaccio potrebbe essere un'importante fattore per il mantenimento delle imponenti risorse biologiche marine dell'Oceano Antartico. Fra gli studi di maggior interesse e di più ampio respiro svolti oggi in Antartide dai ricercatori italiani vanno certamente segnalati quelli che riguardano i flussi di materia ed energia nel sistema acqua ghiaccio marino. Iniziati con il progetto RossMIZE (Ross Marginal Ice Zone Experiment), ora coordinati dall'università di Messina. Il progetto ha messa in luce aspetti importanti ed innovativi, al centro dell'interesse della ricerca antartica internazionale. Come il ruolo della concentrazione di ammonio ed urea nel ghiaccio per il mantenimento della produttività, il ruolo chiave del "grazing" nel controllo dell'ecosistema, gli studi sulla esportazione di materia organica di origine planctonica, sulla sedimentazione. Sulla sua degradazione e trasporto verso lo strato profondo ed ialine, il ruolo dei batteri e di altri microrganismi e il recupero della sostanza organica disciolta (microbial loop).

Una seconda linea di ricerca riguarda la formazione e diffusione delle acque di fondo antartiche e processi di polinia (aree di mare perennemente libere da ghiaccio). Il progetto CLIMA (Climatic Long-range interaction for Mass-balance in Antarctica), coordinato dall'Istituto Universitario Navale di Napoli, studia le relazioni energetiche che legano la dinamica del Mare di Ross alla sovrastante atmosfera anche attraverso l'influenza determinante dei ghiacci marini e le caratteristiche idrologiche e dinamiche del settore pacifico dell'oceano Antartico. La formazione e la diffusione delle acque dense e fredde che raggiungono il fondo dei mari e degli oceani polari e che poi si diffondono sui fondali oceanici del pianeta, costituisce uno studio di enorme interesse scientifico in quanto rappresenta uno dei meccanismi fondamentali di cessione di calore del sistema climatico terrestre, fortemente dipendente dalle condizioni climatiche; le polinie, invece, sono oggetto di un crescente interesse per il ruolo fondamentale da esse giocato nella produzione di ghiaccio marino. Lo studio di questi fenomeni, che per definizione avvengono in aree di difficilissima accessibilità a causa dei persistenti venti catabatici, richiedono approcci moderni attraverso l'uso di satelliti, boe automatiche e modellistica.

L'oceano antartico svolge anche un ruolo essenziale nel ciclo globale del Carbonio (C) e degli altri elementi biologici collegati (N, P, Si). La circolazione oceanica trasporta acqua temperata verso le aree antartiche dalle latitudini più basse. Nella zona della divergenza antartica, queste acque profonde, ricche di nutrienti, emergono in superficie e fertilizzano gli strati superiori dell'oceano. Quando raggiunge la superficie, l'acqua subisce un forte raffreddamento; una parte si dirige verso sud e raggiunge le piattaforme di ghiaccio dove, ulteriormente raffreddata ed arricchita (di ossigeno e nutrienti) e di sale, precipita verso il basso costituendo l'acqua di fondo degli oceani. Una seconda parte, spinta dai venti continentali, raggiunge acque più temperate ed affonda sotto di queste (fronte polare). Queste acque, per la loro bassa temperatura, hanno un'alta capacità di assorbire CO<sub>2</sub> e gas atmosferici. L'anidride carbonica, una volta assorbita e trasportata sul fondo degli oceani (attraverso la produzione di acque fredde) può rimanere fuori dall'atmosfera per oltre 500 anni. Senza questo meccanismo il contenuto di CO<sub>2</sub> in atmosfera sarebbe ora assai superiore contribuendo alla già grave tendenza al riscaldamento del pianeta.

### La Contaminazione Ambientale

La qualità dell'ambiente antartico (ed anche dell'Artico se paragonato ad altre aree industrializzate del pianeta), ancora pressoché incontaminato per il suo isolamento geografico e per le proibitive condizioni di vita, rende questa regione particolarmente adatta agli studi scientifici.

Essa costituisce un'area indisturbata dove possono essere studiati, alla scala delle tracce ed ultratracce, specifici fenomeni legati alle modificazioni dell'ambiente, che in altre regioni del pianeta sarebbero completamente coperti da un "rumore di fondo" di gran lunga superiore al fenomeno stesso. Per dare concretezza con un esempio, risulta evidente a tutti che non si potrebbe immaginare di studiare le variazioni del timbro di un violino in rapporto alla sua età nel traffico cittadino o durarne una partita di calcio! Tale è la sensibilità dell'Antartide.

Le attività di questo settore sono la naturale evoluzione di un programma iniziato nei 1987, coordinato dalla Università di Venezia, che ha fornito dati sulla presenza di microinquinanti e sui loro processi di diffusione e di trasporto.

Negli ultimi anni gli studi hanno riguardato il ruolo della circolazione atmosferica sul trasporto a lunga distanza di inquinanti e sui processi di scambio lungo la colonna di acqua marina, insieme agli effetti dello scioglimento dei ghiacci sulla sua composizione chimica.

Particolarmente importante è la messa a punto di materiali di riferimento per la certificazione di qualità delle misure analitiche, intrapresa con il contributo dell'Istituto superiore di Sanità.

### Conclusioni

I vasti e complessi problemi che abbiamo finora trattato e che riguardano i cambiamenti globali di cui è oggetto il nostro pianeta, richiedono evidentemente un efficace coordinamento internazionale dei mezzi economici, delle tecnologie, delle infrastrutture e della attività di ricerca che sempre più utilizzano sofisticate e costose tecnologie di osservazione. Da questo punto di vista il Programma Nazionale di Ricerche in Antartide ha rappresentato un'occasione unica di crescita e di coinvolgimento delle potenzialità scientifiche nazionali nel contesto della ricerca internazionale sull'Antartide.

Dal suo avvio, la stragrande maggioranza delle ricerche promosse dal Programma Nazionale di Ricerche in Antartide è allineata alle più avanzate frontiere del sapere ed il Programma italiano fornisce supporto e competenze a quelli di altri paesi, nello spirito di cooperazione del Trattato Antartico.

Un aspetto non marginale del Programma Nazionale è l'attività di divulgazione scientifica, intesa come promozione e trasferimento dell'informazione e della formazione scientifica marina. Essa mira a stabilire un collegamento culturale fra gli specialisti che operano nel campo, le amministrazioni dello stato e degli Enti che devono valutare e finanziare le attività, ed il pubblico, con particolare attenzione al settore della scuola. Tale attività si esplica attraverso le tre sedi del Museo Nazionale dell'Antartide di Genova, Siena e Trieste.

### Le priorità

- Progetti di cooperazione internazionale svolti attraverso networks di osservatori internazionali.
- Progetti di ricerca che prevedono significativi contributi finanziari c/o strumentali da parte di fonti diverse dal PNRA.
- Progetti di ricerca interdisciplinare, di base od applicata per lo sviluppo dei quali l'Antartide sia essenziale o particolarmente conveniente.
- Progetti di ricerca che prefigurano nuovi modelli concettuali di fenomeni biologici ed ambientali.
- Progetti di ricerca che valorizzino dati e campioni raccolti nei corsi delle passate spedizioni in Antartide.

### Le prospettive scientifiche

- Past Global Changes
- Studio e monitoraggio dei cambiamenti climatici in atto
- Biodiversità ed adattamento
- Adattamento dell'uomo agli ambienti estremi
- Struttura ed evoluzione dell'ecosistema oceanico australe
- Osservatori permanenti
- Climatologia Spaziale
- Astrofisica
- Tettonia globale
- Innovazione tecnologia applicata alla ricerca scientifica