

Infine va segnalato il forte impulso dato alle ricerche sull'ozono e sui gas serra, sia attraverso misure a terra (LIDARS, Brewers), sia attraverso un importante accordo di cooperazione con la Russia per lo svolgimento di un progetto di studio della stratosfera polare (*Airborne Polar Experiment*), che prevede l'allestimento di un aereo stratosferico di grande autonomia e capacità di carico. Quest'ultimo progetto, il cui obiettivo è quello di approfondire le conoscenze sui meccanismi di distruzione dell'ozono, è stato fatto proprio dalla *European Science Foundation* e parzialmente finanziato dalla Commissione Europea DG XII, ed ha svolto una prima missione in Artico nel gennaio 1997.

Lo studio delle *interazioni fra il mare, il ghiaccio marino e l'atmosfera*, compresa la genesi della circolazione profonda oceanica, è stato l'obiettivo di ricerca di un nuovo Progetto che ha avuto il suo avvio con la realizzazione di una campagna oceanografica nel Mare di Ross durante la Spedizione 1994-95. L'importanza di questi studi risiede nella relazione profonda che lega l'Oceano Antartico e la sua copertura glaciale con il clima globale. Nella zona antartica le acque profonde risalgono in superficie, liberando CO₂ e nutrienti; d'altra parte, successivi processi di raffreddamento riportano queste acque sul fondo dell'oceano dopo un nuovo arricchimento di CO₂. Il bilancio di questi scambi è essenziale per l'assorbimento del surplus di CO₂ atmosferica e può essere studiato anche attraverso lo studio della sedimentazione recente.

I dati raccolti, sia attraverso campionamenti in mare che attraverso radiosonde alla deriva, hanno consentito di individuare correttamente le traiettorie delle masse d'acqua provenienti dalle medie latitudini, delle correnti di fondo che nascono per effetto del congelamento superficiale e dei meccanismi di interazione con la calotta polare. Un aspetto di rilevante interesse è lo studio delle "polinie" costiere, aree perennemente deglacciate generate e mantenute dal regime dei venti continentali, che hanno un ruolo fondamentale nella produzione di ghiaccio marino.

Per quel che riguarda l'*ecologia marina* gli studi integrati dell'ambiente marino si sono fondamentalmente sviluppati su tre direttrici: ambiente pelagico, aree costiere di Baia Terra Nova ed aree perintartiche (stretto di Magellano).

L'attività in Antartide, man mano che si è sviluppata nel tempo, è stata ricondotta alle linee caratterizzanti del Progetto ROSSMIZE (*Ross Marginal Ice Zone Experiment*).

In particolare in una prima fase si sono realizzate due campagne oceanografiche nel Mare di Ross (1988-89 e 1989-90), attività di ricerca nell'area costiera di Baia Terra Nova e una campagna oceanografica nello Stretto di Magellano (1991).

In questa prima fase si è incentrata l'attenzione sull'analisi ambientale, per fissare punti essenziali di conoscenza in grado di sviluppare successive iniziative di ricerca direttamente mirate all'interpretazione dei principali fenomeni che stanno alla base dell'assetto del sistema oceanico antartico.

Si ha avuto modo quindi di definire due modelli concettuali, il primo oceanico semplice, relativo ad acque con profondità superiore a 500 metri, nel quale sono coinvolti il krill, come principale erbivoro, e le diatomee; il secondo, costiero, con una rete trofica più complessa in cui il krill è rimpiazzato da altri erbivori (es. copepodi, Limacina) mentre le diatomee da altre alghe.

In dati acquisiti soprattutto in riferimento al trofismo degli ambienti studiati evidenziano due distinte fasi, una di massima produzione (breve periodo primaverile) ed una di ridotta capacità produttiva.

Si evidenzia altresì che la formazione del ghiaccio e la dissoluzione dello stesso giocano un ruolo fondamentale nel funzionamento dell'ecosistema.

Su questi elementi di conoscenza si sono impostati i progetti della seconda fase, cercando e trovando rapporti concettuali coi progetti regionali IGBP, JGOFS (*Joint Global Ocean Flux Studies*) ed EASIZ (*Ecology Antarctic Sea Ice Zone*).

In tale contesto si sono svolte due campagne oceanografiche (1994-95 e 1996-97) ed è continuata l'attività in ambiente costiero a Baia Terra Nova. È proseguito anche lo studio nelle aree periantartiche (Stretto di Magellano) con due campagne nel 1994 e nel 1995.

La campagna oceanografica del 1994-95 è stata realizzata d'intesa con ricercatori della *National Science Foundation* e con la partecipazione, oltre che della nave italiana, anche di una nave USA (N. Palmer).

La cooperazione italo statunitense nel quadro del programma Roavers è stata soprattutto incentrata sull'ancoraggio in mare di catene di sensori (*moorings*) in vari punti dell'Oceano Antartico, affrontando in tal modo anche il tema della sedimentazione biogenica, rivelatosi sempre di maggiore interesse.

In ambiente costiero (Baia Terra Nova) si è proceduto nella definizione delle più importanti e caratterizzanti cenosi, è stata sviluppata anche l'indagine sulla struttura ed il funzionamento del sistema. Sono stati tracciati anche i limiti di "aree protette", sia in ambiente marino che sulla terra emersa.

Le campagne nello Stretto di Magellano, svolte anch'esse in ambito di cooperazione internazionale, hanno consentito di acquisire ulteriori nuove conoscenze in tali importanti aree di transizione tra clima temperato e clima polare.

La ricerca *biologica* antartica è stata rivolta innanzitutto all'acquisizione di conoscenze, sinora poco disponibili, sulla biodiversità a vari livelli di organizzazione, da quello molecolare a quello ecosistemico, propedeutiche ad una razionale politica di conservazione. Ciò nella consapevolezza che la vita sul nostro pianeta e la qualità dell'esistenza dell'uomo, dipendono in larga misura dall'acquisizione di una sempre maggiore sensibilità ai problemi generali della conservazione della biodiversità e, quindi, dall'impegno e dalle risorse economiche e scientifiche messe a sostegno dell'auspicabile risoluzione di questi problemi.

Tutti i temi di ricerca affrontati sull'origine e sulle dimensioni della biodiversità antartica sono in sintonia sia con gli intenti sottoscritti dalle Nazioni Unite in relazione alla Convenzione sulla Biodiversità, sia con lo studio dei Cambiamenti Globali. Essi risultano pertanto bene inquadrati nelle linee programmatiche dello SCAR.

L'attività si è avvalsa di una profonda integrazione tra diversi approcci sperimentali di tipo biochimico, fisiologico, genetico, ecologico e sistematico-evolutivo, ed ha portato ad acquisire nuove e rilevanti conoscenze su vari fenomeni e processi che sostengono la vita in Antartide.

Numerose ricerche si sono concentrate sui pesci e sui crostacei componenti il krill. Mediante analisi di citogenetica molecolare e determinazione della struttura di geni conservativi, quali quelli di origine mitocondriale, sono stati innanzitutto ricostruiti i livelli di variabilità intraspecifica e le connessioni filogenetiche delle popolazioni antartiche di questi organismi. I pesci sono stati quindi oggetto di approfondite indagini sui meccanismi che sono alla base del loro adattamento alle temperature di congelamento dell'acqua, e che hanno riguardato il controllo omeostatico, il metabolismo ossidativo, l'attività dei sistemi cardio-vascolare, endocrino e riproduttivo, la struttura e le proprietà chimico-fisiche dell'emoglobina.

Altre ricerche si sono interessate alla biodiversità dei vari ambienti acquatici e terrestri dell'Antartide. In questo contesto sono state descritte numerose specie nuove per la scienza di protozoi, microalghe, microfunghi, licheni, e di vari gruppi di animali invertebrati, e sono stati analizzati i ritmi di attività e di competizione trofica nelle principali catene alimentari marine.

Relativamente agli studi di ecofisiologia ed ecotossicologia, sono stati dati contributi significativi su alcune specie bioindicatrici della qualità dell'ambiente. Particolare attenzione è stata rivolta agli effetti delle radiazioni UV-B in organismi dotati di fotosintesi ossigenica. Un

altro aspetto è quello legato alla produzione, da parte di organismi antartici, di metaboliti biologicamente attivi che possono trovare eventuali applicazioni anche in farmacologia.

Nei laboratori di vari Istituti di ricerca, ceppi di organismi antartici sono ormai divenuti consolidati modelli sperimentali per lo studio, con raffinate metodologie d'indagine, della vita in condizioni ambientali estreme, e su di essi converge l'attività scientifica e formativa anche di molti giovani biologi.

Per quanto attiene agli studi di *contaminazione ambientale* è stato possibile, nel corso della fase iniziale, mettere a punto metodologie analitiche particolarmente sofisticate, sia sotto il profilo strumentale con il ricorso a tecniche idonee alla rivelazione e quantizzazione di elementi chimici e sostanze organiche a bassissime concentrazioni, sia per quel che riguarda gli aspetti procedurali inerenti le strategie di prelievo e di pretrattamento dei materiali al fine di ottenere campioni altamente rappresentativi nelle varie matrici ambientali e tali da preservare l'iniziale contenuto informativo. Ciò ha comportato, tra l'altro, la necessità di definire schemi operativi per l'accertamento della attendibilità e della confrontabilità delle misure sperimentali effettuate. In sintesi l'attività svolta ha consentito di valutare la distribuzione di: clorofluorocarburi nella troposfera, con evidenziazione della tendenza alla loro diminuzione a partire dal 1993 in accordo con la riduzione della produzione di questi composti a livello mondiale; clorometani e bromometani nell'atmosfera, con chiarimento dei processi di fotodegradazione catalitica che portano alla loro eliminazione; idrocarburi clorurati, policlorobifenili (PCB), esteri dell'acido ftalico ed alchilbenzeni in neve, nevato e ghiaccio, con dimostrazione di situazioni relativamente costanti negli ultimi anni e della prevalenza del trasporto dei PCB con il particolato atmosferico; PCB, esteri dell'acido ftalico ed alchilbenzeni in acqua di mare e *pack-ice*, con accertamento dell'arricchimento di tali inquinanti nella fase acquosa dopo lo scioglimento del ghiaccio anche fino al 70%; PCB, esteri dell'acido ftalico ed alchilbenzeni nei sedimenti marini, con valutazione dei profili di profondità ed indicazione dell'accumulo dei PCB nei primi due centimetri; diversi inquinanti organici in sedimenti lacustri e marini e nel terreno, con maggiore accumulo nei primi in seguito al fenomeno di concentrazione nel particolato atmosferico intrappolato nel ghiaccio ed allo scioglimento di quest'ultimo; elementi chimici in traccia nelle diverse matrici ambientali, con chiara indicazione circa l'importanza dell'aerosol marino quale vettore di trasferimento dalla superficie marina a quella emersa, nonché della funzione del piombo quale indicatore antropico, in evidente decremento in Antartide a seguito dell'adozione delle benzine verdi.

È stata inoltre costituita la Banca Campioni Ambientali Antartici, ora pienamente operativa, per consentire una verifica, anche retrospettiva, dei dati sperimentali acquisiti ed eventualmente condurre indagini ulteriori per aspetti non prevedibili al momento della raccolta dei materiali. Infine, nell'ambito della validazione generale dell'informazione sperimentale prodotta, sono stati attuati circuiti per l'assicurazione di qualità dei dati forniti dalle varie unità operative e realizzati, in collaborazione con i maggiori istituti mondiali esperti nel settore, due materiali di riferimento certificati per elementi in traccia in sedimenti marini antartici (iniziativa conclusa con produzione di circa 500 flaconi di materiale) ed in krill (in via di completamento).

Relativamente agli aspetti di *biologia umana e medicina*, sono state svolte ricerche sull'adattamento dell'apparato vascolare al clima antartico e sulla diffusione di microrganismi (funghi cheratinofili) introdotti in Antartide dalla presenza umana.

Altrettanto importante è stato lo studio dell'adattamento psicosociale alle condizioni di vita antartiche. È stata, in relazione a ciò, migliorata la metodologia per la selezione dei candidati, con particolare riferimento agli indicatori predittivi dell'adattamento. Sono stati studiati gli effetti della permanenza in Antartide sul piano emotivo, cognitivo e funzionale, con riferimento anche alla reazione della coppia alla separazione, nonché alla percezione dello spazio personale

e della intimità durante la campagna antartica. Sono stati condotti studi sulla risposta adattativa del sistema vascolare.

È stato verificato per la prima volta il livello di lesioni acute da freddo. Non sono stati riscontrati fenomeni rilevanti, tranne lievi congelamenti iniziali, specie a carico dei lobi auricolari, perniosi del volto, parestesie a carico delle parti esposte e subedema delle mani. È stato messo a punto il sistema di trasmissione di documenti e immagini mediche da BTN all'Italia. Si è attivata inoltre un'indagine per la valutazione dell'impiego di capelli quali indicatori precoci di possibili patologie. A questo proposito è stato messo a punto un sistema diagnostico rapido e non invasivo per la valutazione delle possibili alterazioni indotte dalle condizioni di vita proprie della Base, sia nei livelli normali di elementi chimici essenziali, sia nelle concentrazioni di elementi tossici. È stato possibile accertare che la diminuzione di magnesio e l'aumento di rame e zinco nei capelli dei soggetti esaminati sono in accordo con uno stato latente di affaticamento e tensione.

Per il settore degli *osservatori* di particolare rilievo è stata l'installazione, il mantenimento e lo sviluppo di reti di osservatori geofisici, meteorologici e mareografici, che fanno della Base italiana un importante nodo nelle diverse reti internazionali. Le attività di osservazione sistematica sono state principalmente condotte presso la Base italiana a Baia Terra Nova, nonché presso altre basi.

I settori interessati sono la geodesia, il geomagnetismo, la sismologia, la vulcanologia fisica, la fisica dell'atmosfera, la meteorologia, l'aeronomia e l'oceanografia fisica. L'Antartide rappresenta infatti un punto di osservazione di grande interesse per diversi settori della geofisica, ad esempio per lo studio del campo magnetico, dell'alta e bassa atmosfera per il fatto di costituire, a causa delle sue condizioni ambientali, un'enorme lacuna nella distribuzione planetaria della strumentazione geofisica. Questo è un punto importante per gli studi a carattere globale, che necessitano di osservazioni il più uniformemente distribuite su tutta la Terra.

Per diversi osservatori è anche rilevante il loro carattere di supporto ad altre osservazioni effettuate in specifici progetti di ricerca e alle attività logistiche della Base, come, per esempio, la necessità di poter disporre di osservazioni di riferimento per ridurre misure effettuate durante campagne geomagnetiche o geodetiche, oltre ai contributi fondamentali dei dati meteorologici e di radiopropagazione alle attività di volo e di telecomunicazione.

Un elemento qualificante delle attività di osservatorio è stato dato dagli esperimenti di acquisizione continuativa anche durante l'inverno antartico, in condizioni completamente automatiche. Ciò ha consentito di superare, attraverso l'uso di tecnologie avanzate, l'assenza di personale in base durante l'inverno ed i problemi legati alle proibitive condizioni climatiche.

L'argomento degli studi sulle *relazioni Sole-Terra*, è quello delle interazioni fra la radiazione emessa dal Sole, il vento solare, i raggi cosmici e il pianeta Terra. Il Sole, oltre a emettere una intensa radiazione elettromagnetica, emette un flusso di particelle cariche; questo secondo tipo di radiazione, chiamato vento solare, investe, man mano che li raggiunge, tutti i corpi solidi del sistema solare, e fra questi la nostra Terra. L'intenso campo magnetico terrestre costituisce un ostacolo al fluire del vento solare formando la magnetosfera, una cavità all'interno del vento solare dove sono presenti strutture molto complesse. La magnetosfera è sede di fenomeni di trasferimento e conversione dell'energia trasportata dal vento solare. Analogamente, ma ad energie estremamente più alte, il Sole emette raggi cosmici, che pure giungono a Terra.

La tipologia di osservazioni in questo settore permette lo studio delle oscillazioni solari (eliosismologia) e dei campi magnetici solari, delle aurore polari e dell'opacità ionosferica (riometria) e delle rapide fluttuazioni del campo magnetico terrestre. Nel campo dei raggi cosmici (più in generale nella Radiazione Ambientale) si sono osservati fenomeni imprevisti e

da approfondire, quali gli effetti di latitudine nella banda energetica ultramolle (2,8 - 5 MeV) e molle (5 - 18 MeV) ed effetti anomali transizione mare-terra nella radiazione osservata.

Nell'ambito delle Relazioni Sole-Terra va segnalato il coordinamento italiano di un programma internazionale detto AGONET (*Antarctic Geospace Observatory Network*) che vede coinvolti tutti i paesi che conducono tali ricerche in Antartide e del suo supporto ADAF (*Antarctic Data Analysis Facility*), centro di raccolta ed analisi dati.

L'Antartide offre alle *ricerche astrofisiche* vantaggi enormi da un punto di vista della qualità dell'osservazione, che nel caso di località sull'alto *plateau* (come ad esempio Dome-C) rappresentano un'alternativa all'osservazione da satellite.

In questo ambito è stato installato un sofisticato Osservatorio astrofisico nelle bande submillimetrico e infrarosso, che ha fornito dati osservazionali di notevole livello. È stata compilata una mappa millimetrica del cielo con una risoluzione di 5 minuti d'arco nel mezzo interstellare della nostra galassia ed in galassie vicine come le nubi di Magellano; inoltre è stata misurata l'anisotropia della radiazione del fondo cosmico. L'aspetto dell'analisi dell'anisotropia della radiazione di fondo cosmico nelle lunghezze d'onda centimetriche (ritenuta il residuo del *Big Bang* da cui ha avuto inizio l'Universo) è stato affrontato con la realizzazione di un telescopio ad hoc.

È stato realizzato inoltre un polarimetro operante alla frequenza di 33 GHz per la ricerca della polarizzazione residua nella radiazione fossile. Nonostante le difficoltà di questo tipo di osservazione si sono ottenuti dei risultati che hanno consentito di definire il grado di polarizzazione con qualche parte su 100.000, valori che sono confrontabili con i valori migliori apparsi fino ad ora nella letteratura mondiale.

La possibilità di effettuare lanci di pallone stratosferico dall'Antartide permette di ottenere voli di durata superiore ai 20 giorni, consentendo di accumulare una quantità di dati almeno 30 volte superiore a quelli di un usuale volo da regioni non polari. Con l'installazione di strumentazione astrofisica sul pallone, il programma vuole raggiungere l'obiettivo di ottenere una mappa dettagliata a misure angolari minori di 1 grado, risultato essenziale per spiegare come le strutture di fondo si siano evolute e quale tipo di materia oscura domini il processo gravitazionale della loro formazione.

A partire dal 1992 il PNRA ha dedicato una particolare attenzione alla organizzazione dei dati scientifici e dei risultati in forma tale da poter essere resi disponibili all'intera rete di ricerca. Ciò ha riguardato due aspetti: il primo, la costituzione di una Banca Dati scientifici del PNRA "*South Pole*"; il secondo, la realizzazione di un *Geographic Information System* (GIS).

Accanto allo sviluppo dei sistemi informativi, l'attività del settore ha promosso lo studio di metodologie per l'analisi dei dati da satellite e lo sviluppo di rilievi batimetriche dei fondali oceanici.

La Banca Dati "*South Pole*", destinata alla archiviazione ed alla gestione dei dati scientifici in un formato compatibile con gli standards internazionali, è stata realizzata fra il 1992 ed il 1996 come rete distribuita, basata su 12 *Centri Settoriali* disciplinari, in cui concentrare i dati delle relative discipline. Il centro depositario della *Directory* è l'Agenzia Spaziale Europea (ESRIN - Frascati); è stata impiegata la tecnologia DIF (*Directory Interchange Format*) per una visibilità internazionale. I Centri Settoriali sono IROE-CNR Firenze (dati LIDAR), Università di Siena (Geologia, Glaciologia), ENEA Casaccia (Cartografia da satellite), ENEA Casaccia (Meteorologia), IFA-CNR Roma (Oceanografia), ING Roma (Fisica terrestre), Università di Venezia (Chimica ambientale), Università di Padova (Biologia), ITM-CNR Messina (Biologia marina), IGM-CNR Bologna (Batimetria), IFSI-CNR Frascati (Magnetosfera-Ionosfera).

Al contrario, date le difficoltà concettuali della sua realizzazione, il *Geographic Information System* (GIS), destinato alla presentazione grafica e georeferenziata dei risultati, in modo tale da poterne ricavare le relazioni su un determinato territorio attraverso l'integrazione di

molteplici “strati” informativi, è stato definitivamente avviato solo nel 1996, dopo l'individuazione dell'Organismo pilota, la realizzazione di uno studio di fattibilità e la predisposizione di un progetto esecutivo da realizzarsi entro il 1998.

Nel campo del *telerilevamento*, l'obiettivo di creare un sistema di riferimento a terra per le immagini satellitari è stato raggiunto attraverso la classificazione delle “firme spettrali” di litotipi, ghiaccio e neve nelle lunghezze d'onda dei sensori satellitari. L'ulteriore obiettivo di sviluppo di tecniche avanzate per l'analisi dei dati telerilevati, è stato raggiunto con l'uso delle metodologie delle reti neurali per migliorare la discriminazione delle immagini litologiche e per ottenere informazioni sullo zooplancton.

Utilizzando la M/N Italica sia durante i viaggi di trasferimento sia mediante specifici transetti si è provveduto alla raccolta di dati batimetrici dei settori assegnati all'Italia dall'*International Hydrographic Bureau* ed alla produzione di carte dei fondali oceanici.

Il settore degli *studi giuridici ed ambientali* ha contribuito allo sviluppo del Sistema del Trattato Antartico inteso come un grande esperimento di gestione internazionale pacifica di un bene comune dell'intera umanità. Altro aspetto importante è la partecipazione allo sviluppo dell'annesso al Protocollo sulla responsabilità per danno ambientale. In questo quadro generale va sottolineato il crescente peso dell'Italia nelle sedi del Trattato Antartico.

Gli *studi storico-geografici*, oltre alla realizzazione di una banca dati di immagini sulla esplorazione e sulle ricerche polari, hanno condotto alla definizione di 25 nuovi nomi geografici.

In termini di valutazione dell'*impatto ambientale delle attività della Base italiana*, fin dalla seconda spedizione del 1986-87 è stata installata una rete per il monitoraggio ambientale delle attività in Base e negli immediati dintorni. Dall'elaborazione dei dati raccolti si è rilevato che gli impatti sono molto modesti, al limite delle soglie strumentali. In pratica si può affermare che la presenza della Base e le attività umane non hanno modificato apprezzabilmente gli equilibri ambientali dell'area.

Ricerche tecnologiche

Nel settore *Robotica e Sensoristica* è stata svolta una serie di attività con la duplice valenza di autonomo programma scientifico-tecnologico e di supporto tecnologico ai programmi scientifici.

I principali risultati sono:

Robotica di superficie. Sono stati realizzati lo studio di architettura di sistema e dei software per fusione dati e per il controllo del veicolo; l'acquisizione e lo sviluppo di una piattaforma di moto automatizzata basata su un veicolo commerciale; lo sviluppo e la realizzazione di un nuovo sistema di visione artificiale ad alte prestazioni per la teleguida in condizioni ostili e per la realizzazione di convogli con veicoli automatici; lo sviluppo e la realizzazione di sensori ottici e a microonde in grado di guidare il veicolo anche in condizioni di scarsa visibilità.

Robotica sottomarina. In questo ambito è stata realizzata la strumentazione del robot filoguidato ROMEO. Lo scafo del robot autonomo SARA è attualmente in realizzazione. La componentistica e la strumentazione del robot sono in fase di prova. Sono stati quasi completamente realizzati il software di controllo per la navigazione ed il sistema d'interfaccia uomo-macchina.

Telescienza. È stata realizzata la nuova piattaforma automatica per il monitoraggio e l'acquisizione dei dati scientifici durante la stagione invernale. Tale piattaforma sarà operativa durante l'inverno australe 1998. Elementi caratteristici di questa realizzazione sono il nuovo sistema di produzione e di distribuzione (mediante PLC) di energia, l'incremento della potenza fornita ai laboratori, il nuovo sistema ad alta affidabilità di acquisizione e di memorizzazione

dei dati scientifici realizzato mediante prodotti industriali. È stata realizzata l'automazione e la teleoperazione del telescopio ad infrarosso.

Nel campo della *Telemedicina* si sono verificate le condizioni per la creazione di un Sistema Operativo in grado di garantire un ottimo livello di assistenza medica specialistica. È stato provato un sistema di acquisizione di immagini radiologiche in formato televisivo e quindi facilmente digitalizzabili per una immediata trasmissione via satellite dall'Antartide all'Italia.

Nel campo della *Sensoristica* sono state realizzate avanzate apparecchiature tecnologiche determinanti per l'effettuazione di alcuni programmi scientifici. In particolare sono stati realizzati: a) un sistema LIDAR fluorosensore adatto al monitoraggio delle acque marine attualmente operativo sulla M/N Itlica impegnata nella campagna oceanografica in Antartide; b) un acquisitore subacqueo di dati per prove di corrosione di leghe metalliche, in grado di operare nelle severe condizioni ambientali dei mari antartici; c) campionatori per aerosol automatizzati capaci di lavorare in condizioni ambientali estreme e dotati di autonomia di funzionamento; d) la componentistica del rilevatore a basso rumore per osservazioni astrofisiche in banda millimetrica e sub-millimetrica; e) la componentistica di un sistema sensoriale per la classificazione del fondale marino mediante l'utilizzo di sensori acustici; f) la struttura di base di un *All-Sky Camera* per osservazioni delle aurore polari durante l'inverno antartico.

2.1.4. Le attività di ricerca del PNRA nel contesto scientifico internazionale

I programmi quinquennali ed annuali di ricerca vengono formulati e coordinati all'interno del contesto degli obiettivi di ricerca definiti dalla comunità scientifica internazionale attraverso lo SCAR e di altre importanti iniziative internazionali.

Prima di riportare la sintesi dei risultati conseguiti dai progetti svolti nell'ambito di collaborazioni internazionali, viene fornita una indicazione dei grandi programmi internazionali di riferimento.

I programmi internazionali a scala globale

Questi rappresentano un gruppo di programmi aventi obiettivi planetari che convergono su importanti problemi di cambiamenti globali ed in cui le regioni polari sono identificate come apportatrici di contributi fondamentali e caratteristici. Fra questi vanno menzionati:

- l'IGBP: ha lo scopo di descrivere e comprendere la interazione fra i processi fisici, chimici e biologici che regolano il Sistema Terra (l'unico ambiente disponibile per la vita) i cambiamenti che avvengono in questo Sistema e la maniera nella quale questi sono influenzati dalle attività umane;
- il WCRP: è la componente scientifica dello *World Climate Programme* ed ha lo scopo di migliorare le conoscenze sui controlli fisici sul clima e la sua variabilità;
- il WOCE: ha lo scopo di sviluppare modelli utili per la predizione di cambiamenti climatici, di raccogliere i dati necessari per la loro verifica e di determinare la rappresentatività degli specifici *data set* di WOCE per il comportamento nel lungo periodo degli oceani e di trovare metodi per determinare i cambiamenti nel lungo periodo della circolazione oceanica.

Programmi e progetti internazionali sull'Antartide

Nel quadro dei grandi programmi cornice precedentemente menzionati o seguendone le linee ispiratrici, la comunità scientifica antartica, nell'ambito dello SCAR, ha, negli ultimi anni, elaborato una serie di più specifici progetti, che incentrano i loro obiettivi sulle opportunità e sulle peculiarità offerte dall'Antartide. Enorme è stata la fioritura di titoli, nomi e di acronimi.

Senza nessuna pretesa di completezza se ne riportano solo alcuni a titolo esemplificativo:

- PAGES: *Past Global Environmental Changes*
- GLOCHANT: *Global Change in Antarctica*
- CS-EASIZ: *Coastal Shelf-Ecology of Antarctic Sea Ice Zone*
- BIOTAS: *Biological Investigation of Terrestrial Antarctic Systems*
- SO-JGOFS: *Southern Ocean-Joint Global Ocean Flux Study*
- AGONET: *Antarctic Geospace Observatory Network*
- SUPERDARN: *Super Dual Auroral Radar Network*
- BEDMAP: *Antarctic Bedrock Mapping Project*
- ANTOSTRAT: *Antarctic Off-shore Stratigraphy Programme*
- ANTIME: *Late Quaternary Antarctic Sedimentary Record of Ice Margin Evolution*
- LIRA: *Lithospheric Investigations in the Ross Sea Region*
- ITASE: *International Trans-Antarctic Scientific Expedition*

In Europa esistono autorevoli programmi di ricerca antartici: è questo il risultato della più vasta concentrazione regionale di programmi nazionali per le ricerche antartiche. Lo *European Committee on Ocean and Polar Science* (ECOPS), sotto la responsabilità della Commissione Europea (DG XII) e dello *European Science Foundation* (ESF), ha stabilito un forum per sviluppare le attività nazionali in una prospettiva europea, per condividere esperienze, sviluppare collaborazioni future ed accedere ai finanziamenti dei Programmi Quadro europei. Fra questi a titolo di esempio ricordiamo:

- EISMINT: *European Ice Sheet Monitoring Initiative*
- EPICA: *European Project for Ice Coring in Antarctica*

La partecipazione italiana ai programmi internazionali

Le singole nazioni partecipano ai programmi e progetti internazionali precedentemente elencati attraverso contributi nazionali coordinati. Per quanto riguarda l'Italia si può tranquillamente affermare che le collaborazioni internazionali, che hanno avuto il loro riferimento nei Programmi e progetti promossi dallo SCAR e da altri organismi internazionali, hanno permeato a tutti i livelli, sotto la spinta del Professor Felice Ippolito, vice presidente della CSNA nel periodo 1992-97, gli ultimi Programmi Quinquennali. Anche la quota dei finanziamenti che il PNRA ha destinato alle ricerche da effettuare nell'ambito di collaborazioni internazionali ha largamente superato il 20% indicato dalla legge n. 380 del 27 novembre 1991.

Oltre alla partecipazione nazionale ai grandi Programmi cornice, nell'ultimo quinquennio sono stati promossi alcuni progetti internazionali di ricerca, in genere di carattere multidisciplinare, basati su interessi convergenti di due o più paesi e che prevedono strutture di gestione quali *steering committee* internazionali e ovviamente la ripartizione dei costi.

Concordia Project

Si tratta di un accordo fra Francia ed Italia, aperto ad altri Paesi, siglato nel marzo 1993 da ENEA e Istituto Polare francese, per lo sviluppo di un progetto scientifico e tecnologico che comporta la costruzione di una base (Concordia Station) nella remota località di Dome-C (ad oltre 1.000 km dalla costa, e 3.250 m di altitudine), nella parte centrale dell'Antartide Orientale. Le peculiari condizioni del sito hanno portato ad individuare sei *core project* nel campo scientifico e delle ricerche tecnologiche avanzate.

- Glaciologia - con lo scopo principale di perforare circa 3.000 m di ghiaccio al fine di ottenere informazioni sulla storia dei cambiamenti del clima e dell'ambiente negli ultimi 500.000 anni. Questa parte del progetto è comune allo *European Project for Ice Coring in Antarctica* (EPICA). La perforazione è iniziata durante la campagna 1996-97 e proseguirà per almeno due stagioni.

- Scienze atmosferiche - con due tematiche fondamentali: studi fisico-chimici della stratosfera e studi sulla troposfera che includono la dinamica dello strato limite planetario. La Stazione Concordia è stata individuata quale nodo nel *network* per lo studio dei cambiamenti stratosferici (NDSC).
- Astronomia e astrofisica - con lo scopo di svolgere osservazioni, in un luogo unico sul Pianeta per la bassa umidità atmosferica, nel campo della cosmologia, astronomia e delle relazioni Sole-Terra. La Stazione sarà inoltre un nodo per il *network* degli osservatori geospaziali mondiali (AGONET).
- Geofisica - con lo scopo di installare stazioni automatiche geomagnetiche e sismologiche.
- Biologia umana e medicina - con lo scopo principale di studiare i problemi di adattamento umano ad ambienti ostili e confinati simili a quelli spaziali.
- Ricerche tecnologiche - con lo scopo di sviluppare in località estreme ricerche nel campo della raccolta di dati a distanza, telescienza e robotica, suscettibili anche di applicazioni spaziali.

La Stazione Concordia sarà disponibile per attività invernali a partire dal 2001. Il costo del progetto, comprensivo della ricerca scientifica e tecnologica e della costruzione della Stazione Concordia, è attualmente valutato in 30 milioni di ECU ed è pariteticamente suddiviso tra Italia e Francia.

Cape Roberts Project (CRP)

Il CRP è un accordo scientifico e logistico fra sei nazioni (Australia, Germania, Italia, Nuova Zelanda, Regno Unito ed Stati Uniti d'America), per realizzare una perforazione di sedimenti marini mediante apposita piattaforma posata sul ghiaccio marino costiero (*fast-ice*) al largo di Cape Roberts. È quella di Cape Roberts una situazione unica in quanto si prevede di poter campionare sequenze che conservano testimonianze della storia climatica e tettonica in un intervallo di tempo fra 30 e 100 milioni di anni fa. Gli studi sulle "carote" così ottenute consentiranno di stabilire le condizioni climatiche e di vegetazione ad alte latitudini in un contesto continentale durante il periodo precedente la glaciazione antartica del Cenozoico che iniziò circa 36 milioni di anni fa. La perforazione dovrebbe inoltre attraversare le più antiche sequenze del *rift* dell'Antartide Occidentale e consentirne quindi la ricostruzione della storia iniziale. Lo studio delle carote consentirà inoltre di valutare i modelli di cambiamento globale di clima e di livello marino e le relazioni fra sollevamento delle catene montuose e glaciazioni.

Il programma è di durata quadriennale (1995-98). Il costo della perforazione è stimato in circa 4 milioni US\$ ed è così ripartito: Australia e Regno Unito 5%; Germania 10%; Italia, Nuova Zelanda e Stati Uniti d'America 27% ciascuno.

International Transantarctic Scientific Expedition (ITASE)

Il Programma ITASE, sostenuto dallo SCAR *Working Group on Glaciology* e dal gruppo di specialisti GLOCHANT, si propone di congiungere con una serie di traverse le aree più remote e sconosciute dell'Antartide ed i siti di perforazioni profonde, tra cui Dome-C. Lo scopo è quello di rilevare con alta risoluzione spaziale di campionamento (75-150 km) le variazioni spaziali e temporali (ultimi 200 anni) delle condizioni climatiche, atmosferiche e superficiali insistenti sopra la calotta antartica. Tali informazioni sono essenziali per l'interpretazione dei dati ottenuti dalle perforazioni profonde, per la valutazione del bilancio di massa della calotta e per l'interpretazione dei dati telerilevati. Il PNRA si è impegnato a coprire con una o più traverse quella parte della calotta est-antartica che culmina a Dome-C e che fluisce verso il Mare di Ross ed il settore pacifico tra le longitudini 135° e 170° E (e cioè fra Terra Nova e Dome-C e fra Dumont d'Urville e Dome-C). Questa area viene indicata come la maggiore area priva di informazioni glaciologiche dal Gruppo di specialisti SCAR/GLOCHANT.

Il contributo italiano al progetto è di circa 3 miliardi di lire.

Airborne Polar Experiment (APE)

Si tratta di un progetto del PNRA, che ha avuto uno sviluppo internazionale grazie al supporto della *European Science Foundation*, basato sulla integrazione di un aereo stratosferico russo con strumentazione avanzata europea, con lo scopo di consentire numerosi esperimenti contemporanei e di lunga durata nella stratosfera polare. L'obiettivo è quello di acquisire dati che consentano una migliore comprensione dei meccanismi chimico-fisici che determinano la riduzione dell'ozono stratosferico (fenomeno del buco dell'ozono).

Attraverso uno specifico accordo di cooperazione fra l'ENEA e tre agenzie della Russia, dopo l'esecuzione di voli di prova nella stratosfera artica (gennaio 1997), si prevede una missione scientifica in Antartide durante la primavera antartica 1999.

Il Progetto APE è sostenuto e coordinato da Italia e Russia, con la partecipazione di numerosi paesi della Comunità Europea.

Il contributo italiano all'esperimento è dell'ordine di 5,5 miliardi di lire.

European Project for Ice Coring in Antartica (EPICA)

Nel corso del 1995 è maturato a livello europeo, grazie al supporto della *European Science Foundation*, un interesse per le attività glaciologiche previste dal progetto Concordia: da qui è nata l'idea di EPICA, progetto che vede la partecipazione di 10 nazioni europee. EPICA prevede l'esecuzione di più perforazioni nel ghiaccio, al fine di ottenere una registrazione continua e sufficientemente dettagliata delle variazioni climatiche e della composizione dell'atmosfera negli ultimi 500.000 anni. Il Progetto ha ottenuto un finanziamento dalla UE per 8 milioni di ECU.

2.2. Attività di supporto alla ricerca

L'attività logistico-operativa necessaria per l'attuazione del PNRA, ha indubbiamente caratteristiche particolari legate alla notevole lontananza ed ostilità ambientale del continente antartico (si veda la figura 2.6.).

La specificità dell'ambiente antartico ha richiesto l'utilizzo di particolari competenze ingegneristiche e la messa a punto di edifici, mezzi, impianti, strumenti, attrezzature ed indumenti idonei all'utilizzo in ambiente ostile, per fare questo si è anche fatto ricorso al sistema delle piccole, medie e grandi imprese del Paese.

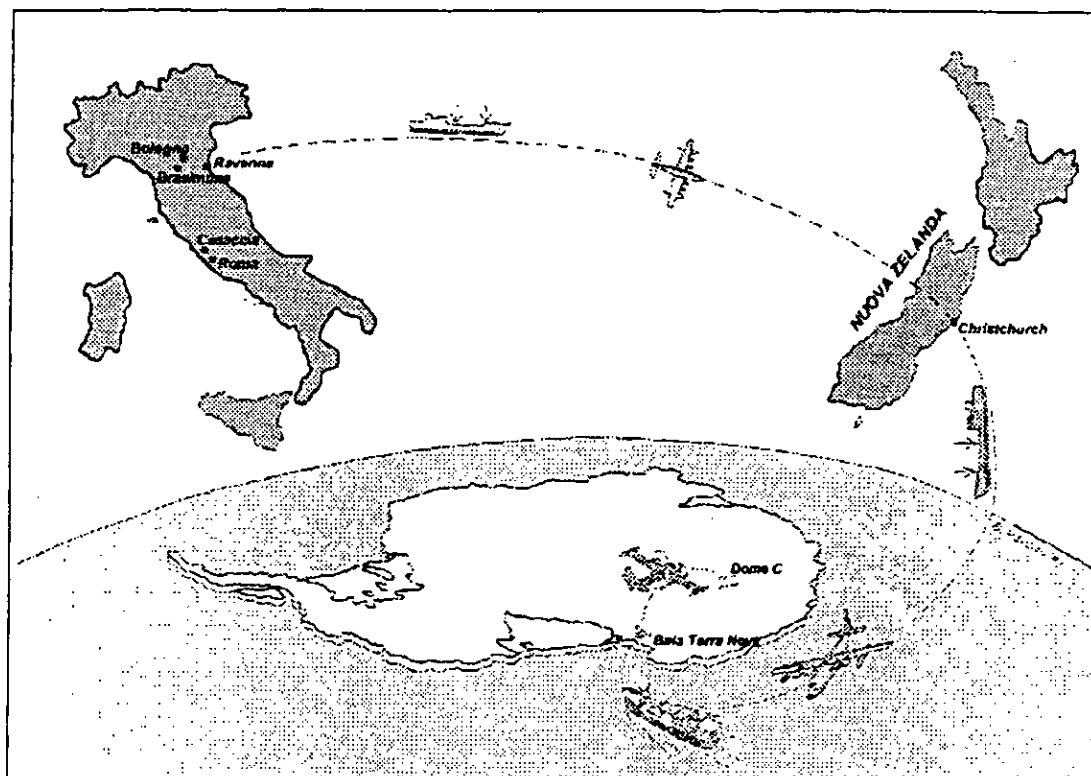


Figura 2.6. - Schema logistico-operativo del PNRA

L'ENEA nel suo ruolo di Ente attuatore ha gestito, con una struttura ad hoc (denominata Progetto Antartide), la costruzione della Base, il noleggio dei mezzi navali ed aerei, la selezione del personale e l'acquisizione delle attrezzature.

Al Progetto Antartide attualmente afferiscono 34 persone. Per gli aspetti amministrativi e per alcuni aspetti di supporto il Progetto Antartide si avvale di altre strutture tecniche ed amministrative dell'ENEA.

2.2.1. La Base antartica italiana

La Base italiana è stata costruita a partire dal 1986 nella Baia di Terra Nova, nel Mare di Ross. Attualmente ha raggiunto una consistenza di circa 5.000 mq di superficie coperta, fornisce alloggio e servizi per 80 persone, dispone di un rilevante numero di laboratori, uffici, officine e

magazzini. È dotata inoltre di tutti gli impianti tecnologici necessari per la produzione di energia, dell'acqua potabile, nonché di inceneritore e depuratore. Nella Base sono disponibili tutte le macchine operatrici ed i mezzi di servizio per le operazioni su ghiaccio e neve ed i battelli per le operazioni a mare.

Per la progettazione e realizzazione della Base l'ENEA ha fatto ricorso al sistema industriale nazionale impegnato con commesse dell'importo complessivo di circa 25 miliardi. L'integrazione delle competenze della società SNAMPROGETTI e delle esperienze ENEA nel campo dell'ingegneria nucleare per quanto riconducibili (ridondanza degli impianti, sicurezza ed affidabilità, valutazione preventiva e minimizzazione dell'impatto ambientale) hanno portato alla realizzazione in tempi rapidissimi della Base Italiana, che è stata apprezzata a livello internazionale, e che oggi, dopo più di 10 anni, risponde ancora pienamente alle esigenze dei ricercatori.

Durante il periodo invernale nella Base rimane attivo un sistema automatico per la raccolta di dati scientifici provenienti da una pluralità di osservatori. Il sistema può essere telecontrollato dall'Italia ed è attualmente in fase di ulteriore sviluppo tecnologico. Questo impianto consente, al personale scientifico impegnato nelle attività di ricerca, di proseguire le proprie attività durante tutto l'anno, senza soluzione di continuità, accedendo, in tempo reale, alle informazioni fornite da strumentazioni ed apparecchiature mantenute in costante esercizio.

La scelta delle piattaforme in automatico, per le ragioni anzidette, è una scelta che il Programma italiano ha fatto da molti anni; recentemente altri Paesi di più consolidata esperienza antartica si stanno orientando nello stesso senso.

Con la finalità di proteggere l'ambiente circostante, oltre agli accorgimenti logistico-strutturali che già caratterizzano la Base, si è provveduto all'utilizzo della cogenerazione ed il ricircolo dell'aria per il riscaldamento della Base, all'adozione di una centrale termica ad alto rendimento. Per il trattamento degli scarichi liquidi è stato adottato un impianto di depurazione di nuova concezione. Per tutti i rifiuti è prevista la raccolta differenziata, il rientro e lo smaltimento in Italia secondo normativa.

È stato inoltre attuato, fin dalla seconda Spedizione, un programma di monitoraggio ambientale relativo alle attività della Base.

2.2.2. I Mezzi impiegati

Mezzi navali

Nel campo dei trasporti navali, l'Italia mancava completamente di una tradizione nel settore delle navi polari capaci di affrontare i ghiacci marini dell'Antartide; per questo, nei primi anni, si è dovuto ricorrere al noleggio di navi classe ghiaccio di proprietà di società dei Paesi del Nord Europa; dal 1990 un armatore italiano ha vinto successive gare internazionali che hanno reso disponibile la M/N Italica di classe ghiaccio che negli ultimi anni è stata trasformata da nave cargo a nave cargo-oceanografica con la capacità di trasporto di oltre 800.000 litri di combustibile avio.

Per le ricerche di tipo geologico e geofisico marino è stata largamente utilizzata la nave OGS-Explora di proprietà dell'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Trieste; inoltre, per specifici programmi nell'ambito di accordi di collaborazione bilaterale con la Russia, sono state impiegate anche due navi di questo paese.

Mezzi aerei

Considerando i limiti, in termini di velocità e flessibilità, nell'uso del mezzo navale per il trasporto del personale scientifico, anche con la finalità di ridurre all'essenziale la permanenza

dei ricercatori in Antartide, nel 1989 sono iniziate le operazioni di trasporto aereo del personale e degli strumenti più leggeri.

Questo è stato possibile mediante l'uso di un aereo C-130 messo a disposizione dall'Aeronautica Militare Italiana i cui piloti seguono corsi speciali per l'atterraggio su piste ricavate sul ghiaccio marino. Il ricorso al mezzo aereo ha consentito di raddoppiare il periodo di utilizzo della Base e dei relativi laboratori, così come ha introdotto un più alto fattore di efficienza nell'avvicendamento del personale che oggi può fruire, nel corso della stessa campagna, di 3 turni di 45÷50 giorni.

Nel corso dei primi 10 anni di spedizioni italiane in Antartide, il mezzo che si è rivelato strategico per il movimento del personale scientifico nelle aree di interesse distanti fino a 400 km è stato l'elicottero. Per ragioni di costi ed esperienza, come risultato di gare internazionali, si è fatto ricorso a compagnie neozelandesi ed australiane; negli ultimi anni la compagnia italiana Elifriuli ha stabilito un rapporto di *joint venture* con la compagnia neozelandese vincitrice dell'ultima gara internazionale.

Per allargare il raggio di azione della attività scientifica oltre i 400 km ed in particolare per raggiungere il *plateau* antartico a 1.300 km dalla Base italiana, dove Italia e Francia stanno realizzando la Base Concordia, si è proceduto all'utilizzo di un aereo bimotore leggero tipo *Twin Otter* che viene noleggiato da una società canadese. Tale società ha una vasta esperienza artica ed antartica e noleggia altri due aerei simili al Programma Polare USA che opera a McMurdo; questo consente una potenziale sinergia per ogni eventuale problema tecnico o di soccorso.

2.2.3. Ulteriori attività di supporto

Attività di supporto ai progetti internazionali

Il processo di crescita e sviluppo del PNRA è caratterizzato negli ultimi anni da una serie di accordi scientifici internazionali quali Cape Roberts, Dome-C, APE, EPICA, ITASE per citare i maggiori; questi accordi hanno richiesto un notevole sforzo anche sul fronte tecnico operativo e logistico.

L'allestimento del campo di Cape Roberts è stato un'esperienza particolare della logistica italiana, che ha curato il trasferimento sul sito, con nave e quindi con elicottero e mezzi sul ghiaccio, di tutto il complesso delle attrezzature tecniche e scientifiche.

L'accordo con la Francia per la realizzazione di un programma di ricerche *Concordia* sul *plateau* antartico pone il problema della soluzione di aspetti tecnici che riguardano diversi campi, a partire dai trasporti di materiale per finire con la costruzione in loco di edifici ed infrastrutture. In questo caso si è provveduto all'allestimento del campo per il carotaggio profondo del ghiaccio del progetto EPICA e per l'inizio del montaggio del primo edificio della Base Concordia.

Nell'ambito del progetto APE per lo studio del buco dell'ozono, sono stati definiti i lavori di trasformazione dell'aereo stratosferico Geophysica ed in particolare il lavoro di qualificazione degli strumenti ed apparati da montare sull'aereo stesso; sono state gestite due campagne di prova e misure (a Pratica di Mare e Rovaniemi in Finlandia) propedeutiche per la campagna antartica prevista nel 1999.

La selezione e preparazione del personale

Le attività in Antartide implicano che il personale tecnico e scientifico non presenti il rischio di affezioni sul piano fisico e psicologico che non potrebbero essere affrontate e risolte nella particolare condizione di isolamento del luogo.

Per queste ragioni l'ENEA ha definito ed adattato nel tempo i processi di selezione medica e psicologica, di preparazione alla sopravvivenza, che vedono un ampio e qualificato concorso di strutture del Ministero della Difesa. Anche per la gestione in campo delle operazioni il ricorso a guide alpine, incursori, nocchieri, meteo-previsori, piloti addetti alla sala operativa, medici, ecc., tutti provenienti dai ranghi delle FF.AA., è stato un elemento di forza del PNRA in termini di sicurezza ed efficienza operativa.

Tutto questo ha comportato la messa a punto di manuali e regolamenti che fissano procedure, ruoli, compiti e responsabilità consentendo lo svolgimento del lavoro in condizioni di sicurezza.

Attività di divulgazione

Nella funzione di divulgazione scientifica sono coinvolti il Progetto Antartide dell'ENEA e il Museo Nazionale dell'Antartide "Felice Ippolito".

La Biblioteca del Progetto Antartide, la cui prima organizzazione risale al 1985, ha attualmente un patrimonio di circa 1.150 volumi, 72 periodici, 1.800 tra opuscoli e letteratura *grigia*, tutte le pubblicazioni del PNRA, 520 mappe e 20.000 diapositive. La Biblioteca serve un'utenza ormai consolidata (ricercatori, borsisti, laureandi, dottorandi), dal 1996 dispone di un catalogo consultabile su Internet e, nello stesso anno, è stata inserita nel circuito delle Biblioteche Polari.

Il servizio Elaborazione Rapporti ha prodotto, dal 1985 ad oggi, 177 rapporti tecnici (Rapporti di Campagna, *Report to SCAR*, *Exchange of Information*, Piani Operativi Annuali, *SCAR Composite Gazetteer*, Manuali Operativi, ecc.) alcuni dei quali sono stati recentemente inseriti su Internet nel sito PNRA.

Per ciò che attiene all'Archivio storico, la raccolta del materiale d'archivio del Progetto Antartide è costituita prevalentemente da corrispondenza, da documentazione tecnica, dalla raccolta degli Atti ATCM, SCAR, COMNAP e SCALOP. Il Progetto Antartide cura la conservazione di detto materiale e della strumentazione tecnica obsoleta nell'ottica del mantenimento della memoria storica del PNRA, anche a supporto della sezione di Trieste del Museo Nazionale dell'Antartide.

I rapporti con la stampa e la televisione sono stati consolidati a partire dal 1994, attraverso l'invio sistematico, ad una *mailing list* dedicata, di notizie attinenti non solo all'"evento" Spedizione, bensì anche a tutto ciò che segue e precede le Campagne in Antartide. L'attenzione dei media nel corso del tempo si è manifestata con numerosi articoli sia su testate nazionali che locali, con diversi programmi e servizi radio/televisivi, e, a partire dal 1996, con collegamenti in diretta con la Base italiana. Alcuni giornalisti sono stati ospiti delle spedizioni italiane.

L'informazione esterna è veicolata anche attraverso il sito PNRA su Internet (consultabile all'indirizzo: <http://www.pnra.it>), installato dal 1995, costantemente aggiornato e ora disponibile anche nella versione inglese; la realizzazione di videocassette informative in collaborazione con il Centro Sperimentale di Cinematografia (4 VHS nel periodo 1993-95), la redazione di brochure illustrative in italiano e in inglese. La comunicazione interna è affidata ad una rassegna stampa mensile, attivata nel maggio 1994, alla Newsletter "ANTARNET", lanciata nel marzo 1996 e giunta al numero 18, a rassegne informative destinate al personale in spedizione ("Globenews" e "La Stampa" in formato compatto).

Il Museo Nazionale dell'Antartide "Felice Ippolito", conformemente al decreto istitutivo del 2 maggio 1996, concorre alle attività di divulgazione scientifica anche promuovendo mostre, conferenze ed attività divulgative in genere. La Mostra itinerante "L'Italia in Antartide" ha toccato, dal 1992, 29 località per complessivi 161.000 visitatori. Nell'ambito della Mostra sono stati effettuati corsi di aggiornamento per docenti, in collaborazione con l'IRRSAE.

Le attività di promozione scolastica si sono esplicitate attraverso la distribuzione di videocassette a soggetto antartico presso le scuole medie inferiori e superiori di tutta Italia

(220 scuole nel 1996, per un totale di 45.600 allievi e, complessivamente, 1.608 scuole e 368.000 allievi a partire dal 1988), l'effettuazione di conferenze presso gli istituti scolastici, anche con collegamento in diretta con la Base di Baia Terra Nova. Significativo è stato l'impegno di docenti e ricercatori per l'annuale Settimana della Cultura Scientifica. Il PNRA ha inoltre intessuto rapporti con le case editrici per l'aggiornamento dei sussidiari scolastici sul tema Antartide.

Centri di documentazione e centri di studio

Come è stato precedentemente illustrato, il Museo Nazionale dell'Antartide "Felice Ippolito" è organizzato come un centro interuniversitario fra le sedi Genova, Siena e Trieste. Ciascuna delle sedi sta organizzando il proprio centro espositivo. Oltre agli aspetti espositivi, le tre sedi, secondo le proprie specificità, hanno avviato la costituzione di centri di studi e di documentazione.

La sezione di Genova ha acquisito le attrezzature di base per l'allestimento dei laboratori del centro studi e dei locali del centro di documentazione. Sono state effettuate analisi tassonomiche e di *sorting* del benthos e del plancton raccolti nel corso delle ultime campagne antartiche. Ad oggi sono conservati circa 1.500 campioni biologici di plancton, benthos e necton. Il Museo di Storia Naturale di Parigi ha donato a questa sezione alcuni esemplari di pesci antartici di particolare valore scientifico ed espositivo.

La sezione di Siena ha iniziato la costituzione del centro di documentazione con l'acquisizione di circa 500 volumi, opuscoli e carte tematiche concernenti le Scienze della Terra. Presso questa sezione sono concentrati oltre 12.000 campioni di rocce e minerali e circa 200 meteoriti raccolti nel corso delle spedizioni italiane in Antartide. Ciascun campione è stato classificato petrograficamente e i dati inseriti nella banca dati. È stata avviata la creazione di un *Geographic Information System* (GIS) per le Scienze della Terra. La sezione ha provveduto alla produzione della cartografia tematica di Scienze della Terra alla scala 1:250.000 quali fogli geologici, geomorfologici e geofisici. Inoltre, la sezione pubblica la rivista internazionale *Terra Antartica* ed il bollettino del Museo, *Terra Antartica Reports*.

La sezione di Trieste ha provveduto ad acquisire testi storici e cartografia inerenti la storia dell'esplorazione in Antartide. Per quanto riguarda l'attività del centro di studi, sono stati raccolti campioni e dati concernenti la geologia e geofisica marine e si è provveduto alla catalogazione ed archiviazione informatica.

Attività di formazione del personale scientifico

In continuità con la linea adottata dal MURST, di destinare sino al 10% del *budget* complessivo riservato alla ricerca scientifica e tecnologica alla formazione di giovani studiosi, anche il PNRA, con la finalità di costituire una comunità scientifica antartica, ha affrontato il tema della formazione.

Le iniziative in questo campo sono state condotte in piena coerenza con l'attività di ricerca, nell'intento di mantenere l'inscindibilità del binomio ricerca/formazione, sfruttando le eccezionali opportunità offerte sia dall'avanzata strumentazione tecnica e scientifica disponibile nei laboratori di Baia Terra Nova e negli istituti di ricerca nazionali coinvolti nel PNRA, sia dalle collaborazioni internazionali di grande prestigio.

L'intervento del PNRA a favore della formazione di giovani studiosi, si è strutturato a livelli e con strumenti diversi:

- Borse di studio post-laurea: si tratta di borse della durata di un anno rinnovabili per un altro anno, ed assegnate alle Università e agli Enti pubblici di ricerca con la finalità di consentire la specializzazione di giovani laureati;
- Borse di dottorato di ricerca: per la formazione di nuovi dottori di ricerca sono state utilizzate borse aggiuntive a quelle previste dal MURST, messe a disposizione dall'ENEA,

ed individuati alcuni corsi di dottorato già attivati in cui strutturare adeguati curricula che tengano conto delle esigenze poste dalla ricerca in Antartide.

- È stata proposta la istituzione di un corso di dottorato in Scienze Polari di durata triennale.
- Borse di studio post-dottorato: si tratta di borse di studio della durata di un anno rinnovabili per un altro anno, istituite da parte del PNRA ed assegnate alle Università con la finalità di consentire il proseguimento della ricerca e la specializzazione di chi ha già conseguito il titolo di dottore di ricerca;
- Contratti di specializzazione in Italia e all'estero: si tratta di contratti attivati da Università ed Enti di ricerca coinvolti nel PNRA per personale laureato e in possesso di esperienza pluriennale, con la finalità di consentire *stages* di specializzazione in Italia e all'estero su tematiche di interesse antartico;
- Tesi di laurea: presso le Università sono elaborate numerose tesi di laurea su tematiche di interesse antartico.

Con buona approssimazione il PNRA, a partire dal 1990, ha offerto opportunità di formazione a oltre 100 borsisti e 92 ricercatori a contratto.

Formazione del personale tecnico e per la sicurezza

Tutto il personale candidato a partecipare alle spedizioni in Antartide deve, come è noto, effettuare i previsti corsi di addestramento ed ambientamento.

Si è ritenuto opportuno, sulla scorta delle esperienze acquisite, che alcune figure, il cui ruolo riveste un'importanza cruciale nel campo della sicurezza e della salvaguardia dell'integrità psico-fisica dei membri di spedizione, seguano specifici e mirati periodi di formazione.

Detti corsi, che non hanno valenza propriamente didattica, in quanto rivolti a personale altamente specializzato, il cui bagaglio tecnico-culturale è già stato vagliato in fase di preselezione, sono mirati a fornire indicazioni ed indirizzi specifici sul particolare ambiente in cui l'attività verrà svolta, sulla peculiarità della strumentazione e degli apparati utilizzati, sulle situazioni di *routine* e di possibile emergenza che si andranno ad affrontare.

Le figure professionali sinora coinvolte in corsi specialistici sono le seguenti: addetti alla pianificazione e alla sala operativa, meteoroprevisori, meccanici conduttori di mezzi speciali, operatori informatici, operatori subacquei, squadre antincendio, conduttori di mezzi da cantiere, addetti al carico e scarico da nave e da aereo.

Sono di imminente attivazione corsi specialistici per medici (ATLS - *Advanced Trauma Live Support*).