

CARLO BARONI (\*) & GIUSEPPE OROMBELLI (\*\*)

## INDAGINI GEOMORFOLOGICHE E GLACIOLOGICHE NELLA TERRA VITTORIA (SECONDA SPEDIZIONE DEL PROGRAMMA NAZIONALE DI RICERCHE IN ANTARTIDE, 1986-1987) (\*\*\*)

ABSTRACT: BARONI C. & OROMBELLI G., *Geomorphological and glaciological observations at Terra Nova Bay, Victoria Land (Second expedition of the Italian Antarctic Research Program, 1986/87)* (IT ISSN 0084-8948, 1987).

During the second Italian Antarctic Expedition in 1986/87 geomorphological and glaciological researches have been carried out, mainly concerning Cenozoic glacial deposits, Holocene glacier fluctuations and Holocene raised beaches. Three main glacial drifts have been recognised, the oldest being associated with well developed red paleosol. The youngest drift all along the coastal belt is composed of till with a muddy matrix, locally rich in fragments of Pelecypods and Serpulids deposited by a grounded ice shelf. At Black Ridge a lateral moraine is present marking the boundary between the youngest and the older drifts, elsewhere identifiable only by weathering evidences.

Holocene glacier fluctuations have been recognised, particularly in the local alpine glaciers. On the basis of the relationships between moraines and raised beaches at least two glacial advances can be inferred in Late Holocene. Near Edmonson Point ice-cored moraines composed of fossiliferous beach sand and gravel testify an advance younger than  $2\,200 \pm 45$  yr B.P.

Holocene beaches raised up to 30 m are well known at Terra Nova Bay (Inexpressible Island, Gerlache Inlet). More to the North, raised beaches have been observed along the coast of Wood Bay, up to an elevation of about 7 m. Numerous new samples of organic remains associated with the raised beaches (Penguin guano and bones, Seal bones, Pelecypods, Barnacles and Corals) have been collected.  $^{14}\text{C}$  ages (not corrected) so far obtained range from  $5\,770 \pm 60$  yr B.P. to the present.

Preliminary glaciological observations and measurements have been conducted on the Strandline Glacier and a geomorphological map at a scale 1:10 000 has been surveyed for an area of the Northern Foothills near the Italian Station.

Reconnaissance geomorphological observations have been carried out in the area extending from the David Glacier to the Tinker Glacier

(\*) Museo Civico di Scienze Naturali, Via Ozanam, 4 - 25128 Brescia.

(\*\*) Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano e CNR - Centro di Studio per la Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali, Via Mangiagalli, 34 - 20133 Milano.

(\*\*\*) Lavoro svolto nell'ambito del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide, coordinato dal Ministro per la Ricerca Scientifica e Tecnologica. Gli AA. ringraziano tutti i componenti italiani della spedizione, in particolare il responsabile del Progetto, ing. C. VALLONE (ENEA), nonché gli elicotteristi neozelandesi, per la collaborazione avuta. Un particolare ringraziamento alle guide italiane SPREAFICO, BONVICINI, BASCHIERA, AMADIO, BOI e BONETTI ed alle guide norvegesi VAN DER EYNDEN e HELGESTAD, per l'assistenza e la partecipazione attiva alle escursioni effettuate. Sono inoltre grati al CNR ed ai componenti il Comitato 05 per le Scienze Geologiche e Minerarie, per l'opportunità offerta di partecipare alla spedizione.

and studies on periglacial and weathering forms have been pursued.

RIASSUNTO: BARONI C. & OROMBELLI G., *Indagini geomorfologiche e glaciologiche nella Terra Vittoria (Seconda spedizione del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide)* (IT ISSN 0084-8948, 1987).

Nel corso della seconda spedizione italiana in Antartide (1986/87) sono state eseguite ricerche geomorfologiche e glaciologiche. In particolare sono stati studiati i depositi glaciali cenozoici e pleistocenici, le fluttuazioni glaciali oloceniche e le spiagge emerse oloceniche. Sono stati riconosciuti tre principali complessi glaciali (TN I, II, III) il più antico dei quali (TN III) è associato ad un paleosuolo rosso ben sviluppato. Lungo la fascia costiera il complesso glaciale più recente (TN I) è rappresentato da depositi ad abbondante matrice limoso-sabbiosa, che localmente contengono numerosi frammenti di Lamellibranchi e Serpulidi, depositi da una piattaforma glaciale proveniente da Sud.

A Black Ridge è stata individuata una morena laterale attribuibile al complesso glaciale più recente, al suo limite con il complesso glaciale intermedio (TN II); tale limite è altrove identificabile solo in base ai caratteri dell'alterazione. Sono state riconosciute fluttuazioni glaciali oloceniche, soprattutto per quanto concerne i ghiacciai locali. Sulla base dei rapporti esistenti tra le morene e le spiagge emerse sono riconoscibili, nell'Olocene sup., almeno due avanzate glaciali.

Nella zona di Edmonson Point, morena a nucleo di ghiaccio costituite da depositi ghiaioso-sabbiosi di spiaggia, fossiliferi, testimoniano un'avanzata glaciale più recente di  $2\,200 \pm 45$  anni B.P.

Nel territorio di Baia Terra Nova (Inexpressible Island, Gerlache Inlet) sono presenti spiagge emerse oloceniche, osservabili fino alla quota massima di circa trenta metri. Più a Nord, lungo la costa della Baia di Wood, sono state osservate spiagge emerse fino alla quota di sette metri. Sono stati raccolti numerosi campioni di resti organici (guano e ossa di Pinguino, ossa di Foca, Lamellibranchi, Serpulidi, Coralli e Cirripedi) associati con le spiagge sospese. Le età  $^{14}\text{C}$  (non corrette) ottenute dai campioni raccolti nella precedente campagna di ricerche, forniscono età comprese tra  $5\,770 \pm 60$  anni B.P. ed il presente.

Osservazioni glaciologiche preliminari sono state condotte sul ghiacciaio Strandline. È stata rilevata una carta geomorfologica in scala 1:10 000 di una porzione di Northern Foothills, nella zona della base italiana.

Sono state effettuate ricognizioni geomorfologiche preliminari nella zona compresa tra i ghiacciai David e Tinker.

TERMINI CHIAVE: Geomorfologia glaciale, Quaternario, Terra Vittoria, Antartide.

### 1. PREMESSA

La quasi totalità dell'Antartide (oltre il 98%) è ricoperta da una coltre di ghiaccio dello spessore medio di 2,16 km, che localmente supera i 4,5 km. L'estensione totale

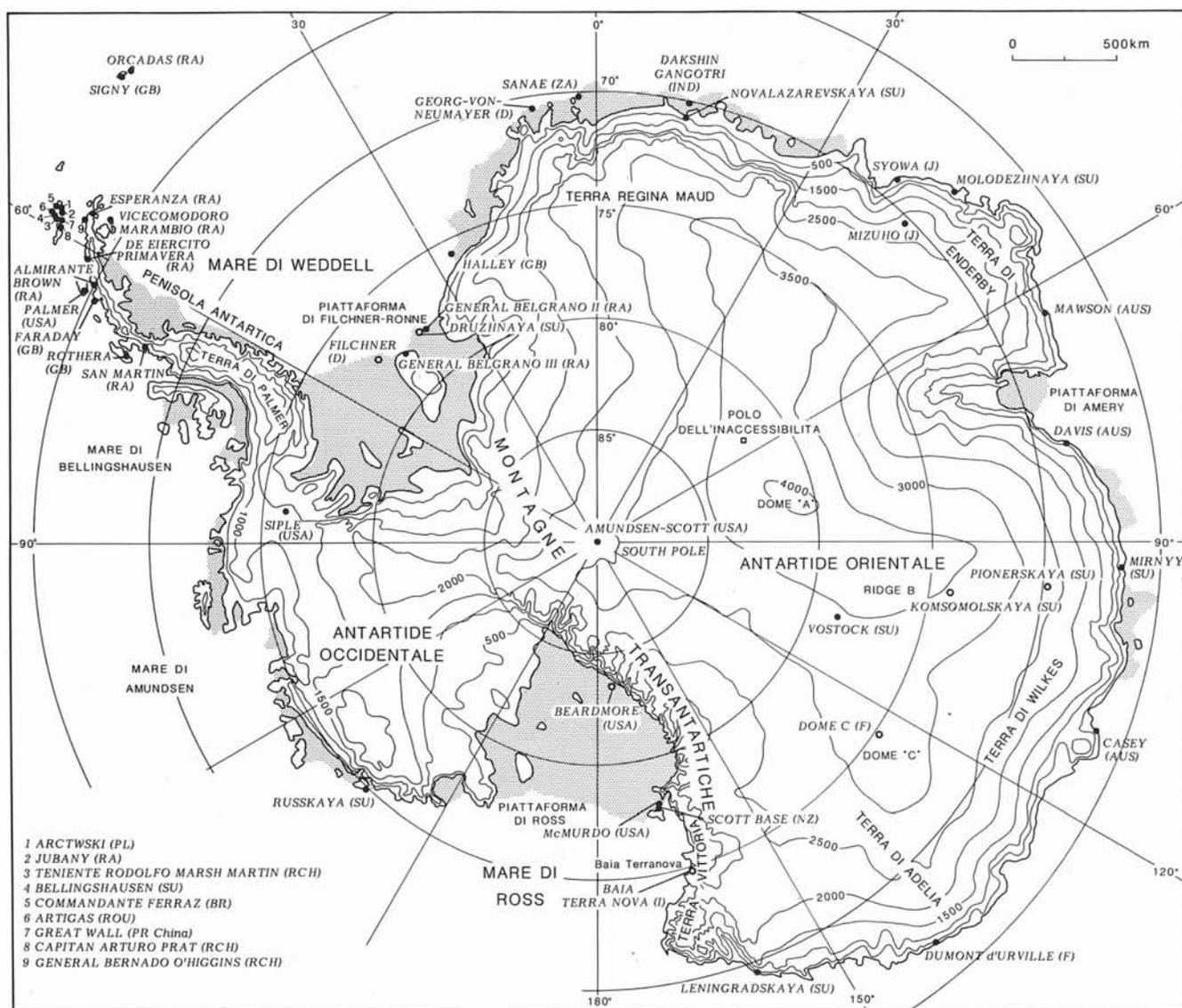


FIG. 1 - Il Continente Antartico. Con i pallini pieni sono indicate le basi occupate permanentemente e con quelli vuoti le basi estive.

dei ghiacci antartici, includendo le piattaforme di ghiaccio galleggianti, è di 13,7 milioni di km<sup>2</sup> e la sua massa totale è stimata intorno a  $2,8 \cdot 10^{19}$  kg. Si tratta di circa il 90% del ghiaccio totale, il 2% dell'acqua totale e l'80% dell'acqua dolce presenti sul nostro pianeta. I ghiacci antartici costituiscono pertanto una porzione rilevante dell'idrosfera terrestre ed hanno un ruolo molto importante nell'equilibrio ambientale. Essi infatti interagiscono con l'atmosfera ed il sistema climatico, con l'idrosfera e con la litosfera, mediante complessi scambi energetici e di massa (DREWRY, 1983). In particolare assai critiche sono le relazioni tra i ghiacci antartici ed il livello del mare, nel senso che questo varia al variare del volume dei ghiacci continentali ma, soprattutto, nel senso che il livello del mare controlla (insieme ai parametri climatici) le dimensioni ed il comportamento dinamico dei ghiacci antartici.

Infatti la coltre di ghiaccio che ricopre l'Antartide, ap-

parentemente unitaria (fig. 1), è in realtà divisa dalla catena delle Montagne Transantartiche in due calotte (o inlandsis). Quella orientale è la maggiore (circa 10 milioni di km<sup>2</sup>) ed è una calotta continentale, in quanto appoggia su un substrato roccioso in gran parte a quota superiore al livello del mare. La calotta occidentale, più piccola (circa 3 milioni di km<sup>2</sup>, con le sue due grandi piattaforme di ghiaccio di Ross e di Filchner-Ronne), è invece una calotta marina, che appoggia su una sorta di arcipelago di isole e sui fondali sottomarini interposti.

Dimensioni e comportamento delle due calotte sono controllate dalle precipitazioni e dal livello del mare, dal quale dipendono l'ablazione per distacco di iceberg e la stabilità stessa della calotta occidentale.

Insieme alla calotta groenlandese quelle antartiche costituiscono l'analogo attuale delle grandi calotte che più volte si sono formate nel recente passato geologico

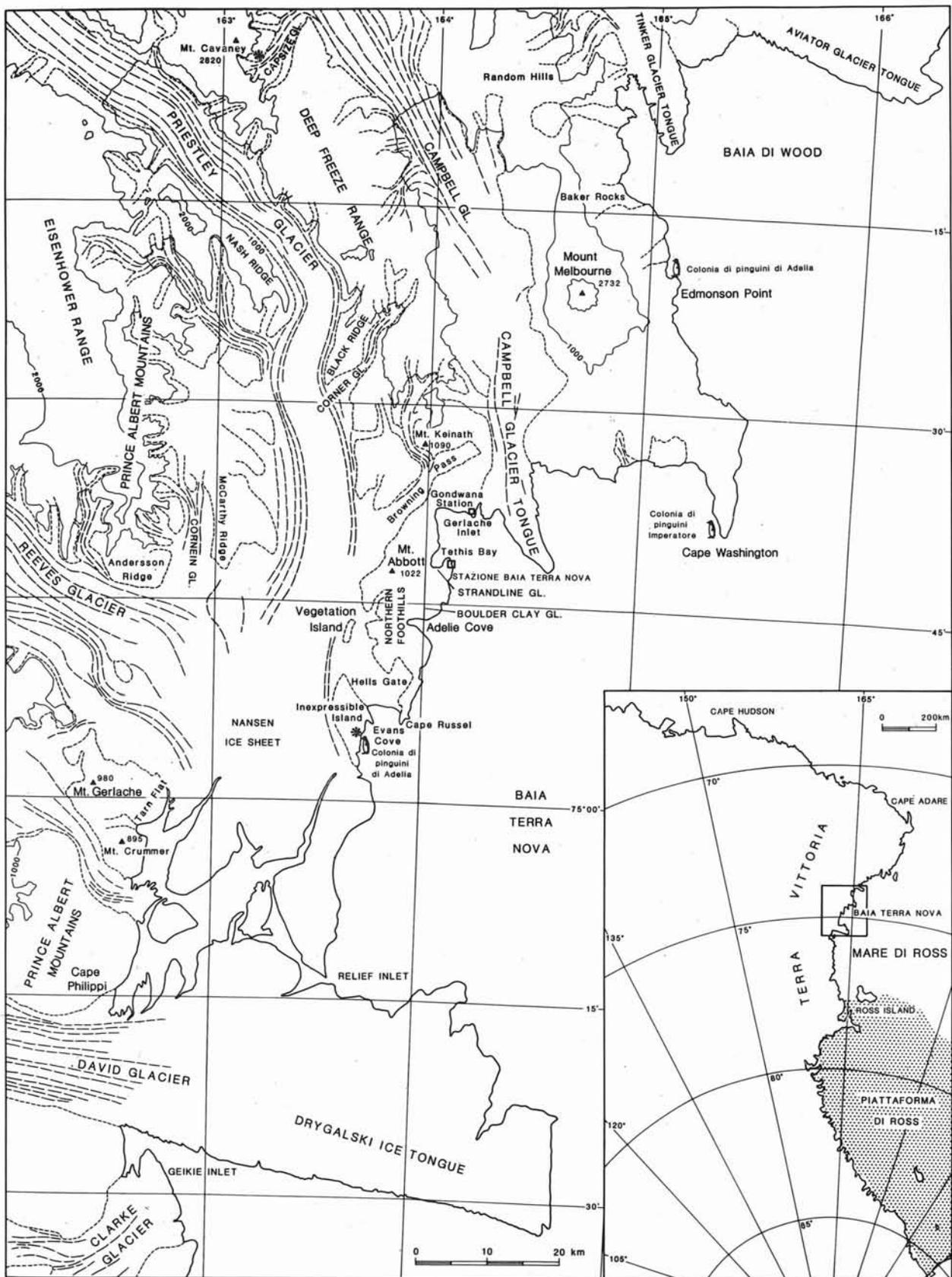


FIG. 2 - La zona di Baia Terra Nova ed il territorio circostante; nel riquadro la Terra Vittoria. Gli asterischi presso Inexpressible Island e Caspize Glacier indicano l'ubicazione dei campi effettuati nella campagna di ricerche 1986/87.

nell'emisfero settentrionale, quella nord-americana di tipo continentale, e quella nord-europea, probabilmente marina.

Poiché la neve che lentamente si accumula nelle fredde e alte regioni interne delle calotte, conserva inalterate nel tempo le proprietà chimiche e fisiche che sono in relazione con le condizioni atmosferiche, i ghiacci antartici che da essa derivano costituiscono una fonte di informazioni paleoclimatiche e paleoambientali di fondamentale interesse per le ultime decine-centinaia di migliaia di anni (LORIUS & alii, 1985; GROOTES & STUIVER, 1986).

Risulta pertanto evidente l'interesse scientifico generale degli studi glaciologici, geomorfologico-glaciali e paleoclimatici che vengono svolti in Antartide.

## 2. LA SECONDA SPEDIZIONE DEL PROGRAMMA NAZIONALE DI RICERCHE IN ANTARTIDE

Dal 24 Novembre 1986 al 5 Marzo 1987 si è svolta la seconda spedizione del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide. I componenti italiani erano 64, di cui 24 ricercatori, 25 tecnici e 15 militari, con compiti organizzativi, logistici e di allestimento della base. Ad essi vanno aggiunti due guide norvegesi, 4 elicotteristi neozelandesi e 24 finlandesi dell'equipaggio della nave, in tutto 94 persone.

Dopo una sosta di nove giorni a Christchurch, nell'isola meridionale della Nuova Zelanda, per le operazioni di carico e per i contatti con i ricercatori e il personale logistico neozelandese e americani, la spedizione ha lasciato il porto di Lyttelton il 5 Dicembre a bordo della *Finnpolaris*, una nave da carico finlandese, usualmente adibita a trasporti nei mari polari (*Ice class 1A super*), lunga 159 m, larga 21, con una stazza di 14 900 tonnellate. Per ospitare il personale italiano sul ponte della nave era stata allestita una apposita struttura con alloggi per una cinquantina di

uomini. Le 1800 miglia da Lyttelton alla Terra Vittoria, in Antartide, sono state percorse in 12 giorni; i ghiacci marini, incontrati ad una latitudine di circa 63° 50' Sud, hanno rallentato alquanto la navigazione, cosicché si è giunti a Baia Terra Nova il 17 Dicembre 1986.

Le condizioni della banchisa costiera, benché meno buone che nella precedente stagione, hanno comunque consentito lo sbarco dei materiali pesanti e dei mezzi per la costruzione della base. Le operazioni di scarico dei materiali pesanti e più urgenti hanno coinvolto tutti i partecipanti e si sono svolte ininterrottamente per cinque giorni, così che le attività di ricerca sono iniziate il 22/12/1986.

La nave è rimasta nelle acque di Baia Terra Nova per 62 giorni, fino al 16/2/1987 ed è rientrata a Lyttelton il 26/2/1987. Dopo una breve permanenza a Christchurch la maggior parte dei componenti la spedizione è rientrata in Italia entro il 5/3/1987.

Durante la permanenza a Baia Terra Nova la nave ha ospitato in continuità la quasi totalità dei ricercatori, tecnici e militari. Sono stati montati due campi (a Inexpressible Island e presso il Ghiacciaio Capsize), ai quali hanno partecipato sette geologi e guide, oltre al campo base e altri campi minori nelle immediate vicinanze del cantiere di costruzione della base, nel punto di coordinate geografiche 74° 41' S e 164° 06' E, ad una quota di circa venti metri, su un tratto di costa dell'insenatura Gerlache Inlet (figg. 2, 3 e 4). La base, denominata «Stazione Baia Terra Nova» è una struttura sollevata dal suolo di almeno 1,5 m, costruita con moduli prefabbricati, per una superficie totale di 650 m<sup>2</sup>. Il complesso è costituito da cabine per alloggi (dodici, in grado di ospitare, nella stagione estiva australe, un massimo di 48 persone), servizi igienici, mensa, cucina, magazzini, celle frigorifere, sala radio, infermeria, laboratori scientifici, officina, centrale elettrica e impianto di dissalazione dell'acqua marina.

La spedizione disponeva di tre imbarcazioni, due gommoni a motore, due trattori cingolati di fabbricazione te-



FIG. 3 - Veduta della base italiana «Stazione Baia Terra Nova». (foto «Progetto Antartide»).

FIG. 4 - L'insenatura Gerlache Inlet (vista da NNW). Tethys Bay si trova sullo sfondo, in posizione centrale; la stazione italiana «Baia Terra Nova» è ubicata sul promontorio visibile a sinistra (foto ripresa il 23.01.87).



desca, varie motoslitte e due elicotteri «Squirrel», oltre ai mezzi adibiti alla costruzione della base.

Nel complesso le condizioni meteorologiche sono state eccellenti, con temperature a livello del mare frequentemente superiori allo zero. Le giornate non utilizzabili per maltempo (neviccate o forti venti catabatici) sono state circa una dozzina.

### 3. IL TERRITORIO STUDIATO E LE CONOSCENZE PRECEDENTI

Il territorio di Terra Nova Bay (figg. 1 e 2) si pone tra la Terra Vittoria meridionale (ed in particolare la zona delle Dry Valleys), da lungo tempo studiata dai ricercatori inglesi, statunitensi e neozelandesi, la Terra Vittoria settentrionale e la Terra di Adelia, in cui operano ricercatori tedeschi, neozelandesi e francesi. In questo territorio si affaccia la calotta dell'Antartide orientale o, più precisamente, il versante orientale di una delle sue culminazioni, il «Dome C». Da questo si dipartono alcuni grandi ghiacciai di sbocco, lunghi anche oltre un centinaio di chilometri e larghi oltre una decina, che si prolungano in mare con lingue e piattaforme di ghiaccio galleggianti. Sui rilievi che emergono dalla calotta e la delimitano verso mare, appartenenti alla catena delle Montagne Transantartiche, sono presenti ghiacciai vallivi che, generalmente, confluiscono nei ghiacciai di sbocco. Alcuni di essi si gettano direttamente in mare, altri sono interamente isolati e contenuti sulle terre emerse e vengono chiamati ghiacciai locali.

Assai scarse sono le conoscenze glaciologiche in questo territorio e per lo più risalenti alle prime esplorazioni (DAVID, 1909; DAVID & PRIESTLEY, 1914). Alcuni studi preliminari di Geomorfologia glaciale sono stati condotti saltuariamente (PRIESTLEY, 1923; CLARIDGE & CAMPBELL, 1966; DENTON & alii, 1975). Questi ultimi hanno riconosciuto nel territorio di Terra Nova Bay le tracce di due glaciazioni che hanno attribuito, in via di ipotesi, ad una

espansione verso Nord della Piattaforma di Ross, a seguito dell'abbassamento glacioeustatico del livello marino, causato dallo sviluppo delle due grandi calotte dell'emisfero settentrionale.

Nell'estate australe 1984/85 due ricercatori neozelandesi ed uno della Germania occidentale (CHINN T., WHITEHOUSE I. e HOEFLE C.) hanno svolto indagini glaciologiche e geomorfologiche di cui si ha solo notizia attraverso un report interno, brevi *abstracts* e contatti personali.

Nella scorsa stagione uno degli scriventi ha effettuato studi geomorfologici e geologico-glaciali; alcuni risultati sono stati riportati in una breve nota a carattere preliminare (OROMBELLI, 1986). Sono stati riconosciuti tre complessi glaciali, denominati dal più recente al più antico Terra Nova I, II e III. Il primo è riferito all'ultima glaciazione, culminata tra 21 000 e 17 000 anni B.P. circa (STUIVER & alii 1981), il secondo ad un generico Pleistocene ed il terzo è ritenuto pre-pleistocenico sulla base delle sue caratteristiche pedologiche. Si tratta di attribuzioni cronologiche preliminari, non ancora suffragate da adeguate datazioni numeriche.

È stata riconosciuta la possibilità di indagini sulle fluttuazioni glaciali oloceniche, un tema di grande interesse paleoclimatico, attualmente affrontato sistematicamente in tutte le aree glacializzate (compreso l'arco alpino, su cui si sono condotte le prime significative ricerche) ma sostanzialmente nuovo per l'Antartide. Infine sono state avviate ricerche sulle spiagge emerse oloceniche, per le quali si è ricavata una prima serie di datazioni  $^{14}\text{C}$ . I valori ottenuti sono da interpretarsi come età minime e sono compresi tra  $5770 \pm 60$  anni  $^{14}\text{C}$  (data non corretta dell'effetto serbatoio) e il presente. Una preliminare interpretazione di queste date porta a stimare intorno a 3,5 mm/anno il tasso di sollevamento isostatico delle coste di Baia Terra Nova negli ultimi 5 000 anni circa.

Sulla base delle esperienze effettuate nella campagna di ricerca 1985/86, il programma per la seconda stagione di indagini prevedeva il completamento degli studi geomor-

fologico-glaciali nei territori costieri della Baia Terra Nova, degli studi sulle spiagge emerse e lo sviluppo di studi sulle fluttuazioni glaciali oloceniche nei piccoli ghiacciai locali. Inoltre erano previste ricerche di Geomorfologia periglaciale da concretizzarsi principalmente con il rilevamento di una carta geomorfologica di dettaglio alla scala 1:10 000. Infine, il programma era completato da indagini glaciologiche preliminari e dall'esplorazione geomorfologica dei territori più interni (alti bacini dei ghiacciai Reeves, Priestley e Campbell) non visitati il precedente anno.

#### 4. GLACIAZIONI CENOZOICHE E PLEISTOCENICHE

Nel corso della campagna di ricerche 1986/87 sono proseguite le indagini sulle forme e sui depositi glaciali cenozoici e pleistocenici del territorio di Baia Terra Nova.

La suddivisione in tre principali complessi glaciali è stata riconosciuta anche nelle nuove aree visitate e si sono, inoltre, identificate morfologie d'erosione glaciale ancora più antiche. In particolare ulteriori evidenze si sono raccolte sui versanti orientale e meridionale del M. Keinath, ad Inexpressible Island, M. Gerlache, M. Crummer ed a Black Ridge. In quest'ultima località è stata identificata una morena laterale appartenente al complesso TN I, al suo limite superiore con il complesso TN II (fig. 5). Le morene laterali connesse con l'espansione della Piattaforma di Ross ed il conseguente rigonfiamento dei ghiacciai di sbocco, sono del tutto eccezionali nell'area studiata (STUIVER & *alii*, 1981). A tutt'oggi era stata osservata solo una morena laterale tardiglaciale ad Andersson Ridge, nella scorsa stagione di studio. La morena di Black Ridge, ubicata nella valle secca che attraversa questi rilievi, è pleniglaciale ed è stata deposta dal Ghiacciaio Corner che doveva allora trasfluire nel Ghiacciaio Priestley. Si è qui ottenuta una conferma su base morfologica del limite TN I/TN II, al-



FIG. 5 - Black Ridge. Morena laterale appartenente al complesso glaciale TN I. Si tratta di un argine morenico lungo oltre un centinaio di metri e rilevato di circa tre metri rispetto al versante esterno. Il limite esterno, con i depositi glaciali del complesso TN II, coincide con la base della chiazza di neve sulla sinistra (foto ripresa il 29.01.87).

trove unicamente definito dalla variazione dei caratteri dell'alterazione.

Al M. Keinath (1090 m) sono stati riconosciuti tre diversi complessi glaciali. Quello più antico (TN III) è anche qui rappresentato da erratici sparsi osservati tra quota 700 e quota 850 circa. Il complesso TN II è costituito da una maggiore concentrazione e varietà litologica di erratici, anche di piccola taglia e si osserva tra quota 580 e quota 700 (fig. 6). Infine a quote inferiori è presente il complesso TN I costituito da depositi glaciali pressoché continui, localmente con morfologia da ghiaccio sepolto. Si sono osservati 4 ripiani morfologici che potrebbero suggerire distinte fasi successive di livello glaciale. Il ripiano inferiore, posto a q. 200/250 è costituito da depositi glaciali con morfologia da ghiaccio sepolto, sovrapposti a vulcaniti.



FIG. 6 - Mt. Keinath, q. 700 circa. Erratico di granito porfirico appartenente al complesso glaciale TN II. Il substrato è costituito da granito del Mt. Keinath. Il masso è profondamente intaccato da cavità del tipo «tafoni» ed è ricoperto da una patina di ossidazione (foto ripresa il 16.01.87).

Nell'ambito delle aree più elevate raggiunte dall'ultima glaciazione, in tutto il territorio studiato, si sono più volte osservate forme di alterazione su substrato granitico rubefatto e tafonizzato, costituite da solchi del tipo *Pseudokarren* e «vaschette» (tipo *Opferkessel*, *weather pits*, *gnammas*, ecc., fig. 7). Queste ultime, del diametro da pochi cm a vari dm e con profondità analoga, spesso contengono erratici, anche granitici, inalterati (M. Gerlache, M. Crummer, Northern Foothills). In quest'ultima zona le vaschette presentano fondo e pareti interne rubefatte, mentre la superficie esterna è inalterata. Queste osservazioni suggeriscono che le forme di alterazione dei graniti, sviluppatesi precedentemente all'ultima glaciazione, sui rilievi più elevati non sono state erose all'ultimo passaggio dei ghiacci. La conservazione di queste forme d'alterazione quasi unicamente nelle aree più elevate potrebbe essere imputata ad un «effetto topografico» (CHORLEY & *alii*, 1984): infatti i rilievi più elevati dovevano spingersi entro la porzione superiore dei ghiacciai, caratterizzata da «ghiaccio freddo», incapace pertanto di esercitare un'incisiva azione erosiva.

Nella fascia costiera inferiore a circa 250 m i depositi dell'ultima glaciazione sono caratterizzati da una matrice limoso-sabbiosa che frequentemente contiene minuti frammenti di macrofossili marini (Serpulidi, Lamellibranchi, Echinodermi). La presenza di questi depositi è una prova che il territorio di Northern Foothills è stato raggiunto e ricoperto da una piattaforma ispessitasi fino ad appoggiarsi ai fondali marini, dai quali ha prelevato la fauna sopra citata, incorporandola nei sedimenti glaciali, depositi fino alla quota di 250 m ca.

Unitamente alle striature glaciali presenti nella zona (dirette SW-NE), i depositi morenici fossiliferi segnalati rappresentano una conferma del fatto che durante l'ultima glaciazione l'area delle Northern Foothills venne raggiunta e ricoperta dalla Piattaforma di Ross, come ipotizzato da DENTON & *alii* (1975).

Al fine di discriminare i sedimenti glaciali depositi dal-

la Piattaforma di Ross da quelli depositi dai ghiacciai di sbocco, si sono raccolti numerosi campioni per analisi micropaleontologiche. Campioni di frammenti di macrofossili sono stati appositamente prelevati per analisi geochemiche ed eventuale datazione radiometrica.

Per tentare una differenziazione quantitativa tra i depositi dei diversi complessi glaciali ed eventualmente all'interno dei medesimi, è stata effettuata una campionatura sistematica della matrice sabbiosa per analisi di termoluminescenza. Questo genere di indagini consente infatti di distinguere depositi di diversa provenienza e/o età.

Al di sopra del limite altimetrico superiore degli erratici sparsi del complesso TN III, nei territori costieri, si osservano rilievi a sommità arrotondate, evidentemente modellati dal ghiaccio, la cui morfologia contrasta nettamente con le sommità e le creste più elevate ed interne, di aspetto dirupato ed aguzzo (morfologia a *Horn* e *Arêtes*). La sommità stessa del M. Keinath (1 090 m) è smussata, arrotondata ed interessata da vistosissime forme di alterazione con pareti granitiche intensamente arrossate.

Osservazioni analoghe si possono fare al M. Abbott (1 022 m), sui rilievi più meridionali delle Deep Freeze Range (che hanno quote intorno a 1 000 m), al M. Gerlache (980 m), ecc.

Se ne deduce che i rilievi compresi tra quota 800 e 1 100 circa sono stati modellati dai ghiacciai in una fase antica di espansione glaciale (Cenozoico superiore) e che, successivamente non più raggiunti dai ghiacci, sono stati soggetti ad intensi fenomeni di alterazione che vi hanno distrutto interamente gli eventuali depositi glaciali presenti ed intaccato profondamente il substrato roccioso stesso.

## 5. FLUTTUAZIONI GLACIALI OLOCENICHE

Evidenze di fluttuazioni glaciali oloceniche sono state osservate ai margini dei ghiacciai di sbocco, delle piattaforme di ghiaccio galleggianti e dei ghiacciai locali. Questi



FIG. 7 - Mt. Gerlache. «Vaschette» pseudocarsiche sviluppate su rocce granitiche. Le dimensioni sono comprese tra 10 e 30 cm circa. Si notino i ciottoli ed i blocchi erratici riferibili al complesso glaciale TN I (foto ripresa il 24.01.87).

ultimi, per le loro piccole dimensioni, si prestano in modo particolare per uno studio accurato delle variazioni glaciali. Come già osservato nelle Dry Valleys (DENTON & *alii*, 1971; CALKIN & BULL, 1972) e come riscontrato anche nel settore di Baia Terra Nova (CHINN & WHITEHOUSE, 1985; OROMBELLI, 1986) i ghiacciai locali non sono in fase con i ghiacciai di sbocco e di piattaforma ed hanno raggiunto la loro massima estensione durante l'Olocene. Il loro studio diviene particolarmente significativo quando con le loro fronti discendono sino in prossimità del mare, entrando in contatto con le spiagge oloceniche, emerse per effetto del sollevamento glacio-isostatico.

Un'indagine dettagliata è stata svolta sul Ghiacciaio Strandline (fig. 8). Si tratta di un piccolo apparato glaciale (ca. 0,8 km<sup>2</sup>) che si affaccia sulla Tethys Bay, insenatura meridionale del Gerlache Inlet. Termina con fronte a falesia alta circa 25 m, ai piedi della quale si sviluppa un piccolo e discontinuo pendio di ghiaccio (*apron*). Ai lati della fronte la falesia di ghiaccio evolve in margini a «cupola» ed a «rampa», di limitata estensione. Esternamente

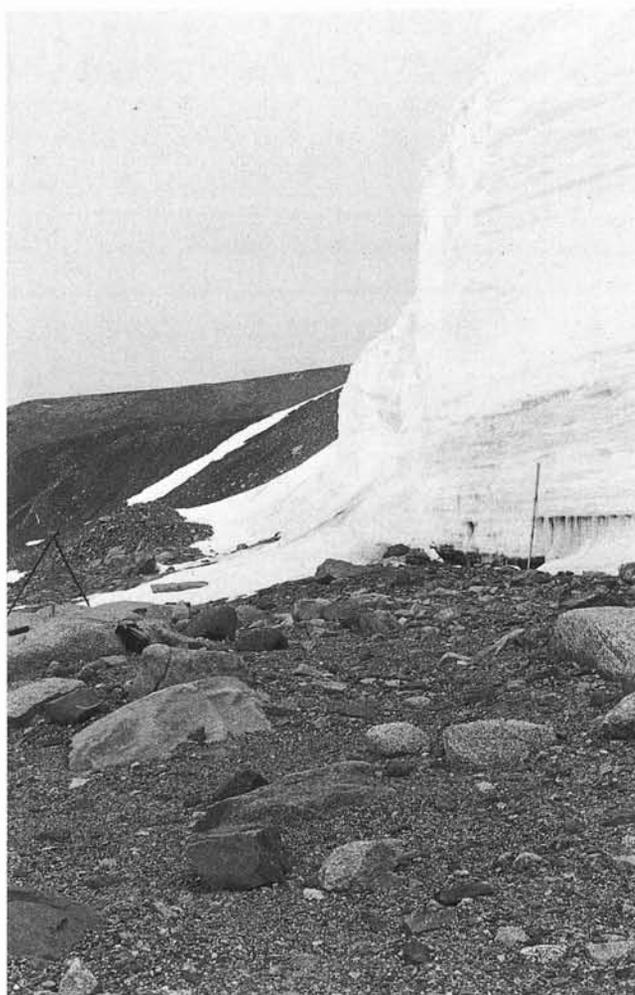


FIG. 8 - Ghiacciaio Strandline. La falesia è alta circa venticinque metri. Si noti il piccolo «apron» di neve e ghiaccio ad essa antistante e, al suo margine esterno, una piccola morena a nucleo di ghiaccio (foto ripresa il 26.01.87).

sono presenti morene a nucleo di ghiaccio, che nella zona centrale della fronte si deprimono e passano ad una fascia di morena informe. Si riconoscono almeno due fasi di avanzata glaciale testimoniate da due distinti argini morenici, differenziabili anche per i caratteri dell'alterazione e dello sviluppo dei licheni. Le morene poggiano su depositi litologici olocenici sopraelevati di circa 11-14 m s.l.m.

Sulla base di preliminari datazioni <sup>14</sup>C relative alle spiagge emerse oloceniche studiate il primo anno (cf. paragrafo successivo) le due fasi di avanzata glaciale sono da riferirsi all'Olocene sup. (Neoglaciale) e sono da ritenersi tra loro separate da un significativo intervallo di tempo, a giudicare dal diverso sviluppo della copertura lichenica.

Attualmente la fronte del ghiacciaio appare in regresso: dista circa una cinquantina di metri dal limite di massima espansione più recentemente raggiunto e le caratteristiche del suo profilo a falesia sono proprie di un ghiacciaio in ritiro (CHINN, 1985b).

Altri ghiacciai locali nel territorio di Northern Foothills, tutti con margine a «rampa» od a «cupola», presentano strette fasce di *shear moraines* <sup>(1)</sup>, in cui si distinguono due o più creste, differenziabili mediante i caratteri dell'alterazione e dello sviluppo dei licheni (fig. 9). Questi ghiacciai poco si prestano ad osservazioni sull'oscillazione delle fronti, mal definite e spesso ricoperte da nevai. Tuttavia anche da essi si può evincere una modesta fase di regresso sub-attuale, preceduta da almeno due deboli pulsazioni positive.

Il versante orientale del Vulcano Melbourne (2 732 m) è ricoperto da una coltre pressoché continua di ghiacci che, con linee di flusso radiali divergenti, scendono a mare. Solo localmente vi sono brevi tratti di costa liberi dai ghiacci, al margine dei quali le lingue in cui la coltre di ghiaccio si suddivide, depongono morene laterali. Ciò è particolarmente osservabile nei pressi di Edmonson Point e sulla costa ad Oriente di Baker Rocks (fig. 10). A Edmonson Point è presente un complesso di morene laterali a nucleo di ghiaccio, costituite da sedimenti di spiaggia. Si tratta di sabbie, ghiaie e ciottolami ben arrotondati di vulcaniti, stratificati ed inclinati di circa 50° verso l'asse del ghiacciaio, conformemente alle foliazioni del medesimo. Le sabbie conservano strutture sedimentarie originali e resti ben conservati di organismi marini, del tutto simili alle faune che attualmente si osservano, spiaggiate, sulla battigia. In particolare sono stati raccolti, nelle successive unità morfologiche, numerosi campioni di Lamellibranchi (*Adamussium colbecki*, *Laternula elliptica*), spesso a valve ancora unite, frammenti di Echinodermi, ossa di Pinguini e Foche. Una prima datazione eseguita su campioni raccolti nella precedente stagione, ad una quota di 37 m s.l.m., ha fornito un'età non corretta di 2 200 ± 45 anni <sup>14</sup>C.

Si ritiene che i sedimenti di spiaggia fossiliferi siano stati, a seguito di una fase di avanzata, congelati ed incorporati dal ghiacciaio e quindi siano stati dal medesimo radrizzati e portati all'esterno. Successivamente l'ablazione

<sup>(1)</sup> Si tratta di morene a nucleo di ghiaccio, costituite da detrito che giunge alla superficie del ghiacciaio dal suo interno, attraverso superfici di taglio, e che l'ablazione differenziale porta in rilievo rispetto alla superficie contigua del ghiacciaio. Sono di solito ubicate ai margini e presso la fronte dei ghiacciai (CHINN, 1985b).

FIG. 9 - Northern Foothills, a NW di Gondwana Station. In primo piano «terrazzette» impostate sui depositi glaciali del complesso TN I; la morfologia è enfatizzata dall'accumulo di neve nelle depressioni. Si notino, in secondo piano le shear moraines ad andamento accentuatamente ondulato, sviluppatesi a ridosso di un ostacolo di roccia (foto ripresa il 23.01.87).



differenziale per sublimazione li ha abbandonati a formare una sottile copertura sopra ghiaccio sepolto, spesso oltre 10 m.

Pertanto, anche in questa zona sono conservate testimonianze di variazioni glaciali oloceniche, probabilmente in relazione oltre che con fattori climatici, anche con oscillazioni del livello del mare. Non appena saranno disponibili le datazioni  $^{14}\text{C}$  dei campioni raccolti in questa stagione, sarà possibile fornire un quadro più dettagliato dell'articolazione e della scansione temporale delle vicende glaciali oloceniche di questo settore antartico.

Per quanto riguarda i ghiacciai di sbocco e di piattaforma, nuove osservazioni circa le loro vicende oloceniche sono state fatte ad Inexpressible Island e nella penisola di Cape Russell. In queste aree sono stati osservati i rapporti tra le piattaforme Nansen Ice Sheet ed Hells Gate con le spiagge emerse oloceniche.

Lungo il margine sud-occidentale di Inexpressible Island, un ghiacciaio connesso alla piattaforma Nansen Ice

Sheet si insinua in una depressione, ricoprendo una successione di spiagge emerse costituite da cordoni litorali a granulometria molto grossolana (ciottoli e blocchi arrotondati), che raggiungono la quota massima di 30 m circa.

Queste evidenze testimoniano una espansione glaciale olocenica, posteriore alla spiaggia più bassa posta ad una quota di circa 15-20 m, chiaramente connessa ad una variazione relativa del livello del mare.

Lungo il margine settentrionale di Tarn Flat sono presenti morene oloceniche a nucleo di ghiaccio un poco più elevate della superficie attuale del Nansen Ice Sheet; ciò potrebbe documentare un modesto abbassamento della sua superficie.

La piattaforma di Hells Gate si estende lungo tratti costieri sui quali sono presenti spiagge emerse alte fino a 25-30 m s.l.m., che non possono essersi formate in una situazione geografica analoga a quella attuale, ma richiedono una posizione decisamente più arretrata della barriera e quindi una maggiore estensione del golfo di Evans Cove.

## 6. SPIAGGE EMERSE OLOCENICHE

Lungo le coste di Terra Nova Bay e Wood Bay, la fascia altimetrica compresa tra il livello del mare e circa 30 m, durante l'Olocene, a causa del recupero isostatico, è stata interessata dall'azione del moto ondoso. I promontori sono localmente modellati in terrazzi di abrasione marina e lungo le coste alte in generale sono stati asportati totalmente i depositi dell'ultima glaciazione, così che un netto limite litologico segna la massima ingressione marina. All'interno delle baie si sono invece accumulati cordoni litorali a ciottolami e blocchi arrotondati (fig. 11); più raramente sono state osservate spiagge emerse sabbiose. Lo studio di queste evidenze litorali consentirà di ricavare informazioni sulle tappe del ritiro della Piattaforma di Ross (THOMAS & BENTLEY, 1978), sul recupero glacio-

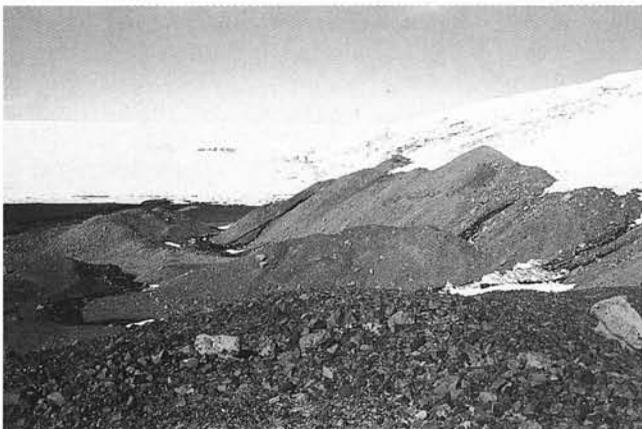


FIG. 10 - Ghiacciaio a NE di Baker Rocks, Wood Bay. Morene laterali a nucleo di ghiaccio (foto ripresa lo 01.01.87).



FIG. 11 - Inexpressible Island, baia a S di «Snow Cave Site». Si notino, in primo piano la piattaforma di abrasione emersa modellata in rocce intrusive e, in posizione centrale, i cordoni litorali sospesi, separati da piccoli nevai ubicati nelle principali depressioni. In secondo piano si possono osservare due piccole colonie di Pinguini di Adelia (foto ripresa il 10.01.87).

isostatico e sulla variazione relativa del livello del mare in questo settore antartico (CLARK & LINGLE, 1979).

Sono stati identificati nuovi tratti di spiagge emerse (Northern Foothills e penisola di Cape Russell) oltre a quelli già noti o rinvenuti il precedente anno (OROMBELLI, 1986).

Sono stati rilevati 11 profili topografici (con livellazioni dal mezzo), che hanno costituito la base per la descrizione morfologica delle spiagge, l'ubicazione altimetrica dei campioni raccolti e le indagini lichenometriche.

In particolare si è effettuata una sistematica ricerca di resti organici databili con il  $^{14}\text{C}$ , rappresentati da conchiglie contenute nei depositi litorali e, più frequentemente, da ossa e guano di Pinguini associati a siti di colonie abbandonate. Questi sono stati rinvenuti anche a notevoli distanze dalle colonie attuali di Edmonson Point, Adelie Cove ed Inexpressible Island. Citiamo in particolare i siti di Gondwana Station (13 m), base italiana di Baia Terra Nova (17-19 m), «Campo Icaro» (30-90 m), costa ad E del Boulder Clay Glacier (20-50 m) ed Inexpressible Island (5-50 m). Nelle spiagge del settore orientale di Evans Cove si sono rinvenute faune ad *Adamussium colbecki*, *Laternula elliptica*, Serpulidi, Coralli e Cirripedi.

Da N a S le successioni di spiagge emerse studiate, delle quali si forniscono anche i dati relativi alla massima altezza dei depositi litorali, sono state: costa a NE di Baker

Rocks (circa 5 m), Edmonson Point Nord, (ca. 6 m), Edmonson Point Sud (ca. 5 m), «Adelie Penguin Rookery» (ca. 7 m), costa a W del Campbell Ice Tongue (ca. 23,5 m), Gondwana Station (ca. 25 m), Tethys Bay (ca. 13,5 m), Stazione Baia Terra Nova (ca. 19 m), costa tra la Stazione Baia Terra Nova ed Adelie Cove (ca. 30 m), Adelie Cove (ca. 14,5 m), Evans Cove (ca. 30 m?), coste nord-orientale ed orientale di Inexpressible Island (ca. 30 m).

Le spiagge studiate si possono distinguere in due gruppi con caratteristiche distinte. Quelle della costa orientale del M. Melbourne raggiungono la quota massima di circa 7 m e sono connesse alla recente evoluzione del vulcano omonimo. L'assenza di depositi glaciali ed erratici in quest'area conferma un'attività vulcanica olocenica, del resto protrattasi fino al presente. Ciò è documentato anche da manifestazioni effusive posteriori alle spiagge ubicate a circa 7 m di quota (presso «Adelie Penguin Rookery») e da livelli di *tephra* intercalati nei vicini ghiacciai.

Le spiagge emerse della regione a S del M. Melbourne si sviluppano su un substrato costituito da rocce intrusive prevalenti e da metamorfite, modellate dall'azione erosiva dei ghiacciai, localmente ricoperte da una sottile e discontinua coltre di depositi glaciali (TN I). La quota massima riscontrata nelle diverse località è variabile. Spesso infatti le spiagge più elevate sono state parzialmente sepolte da

depositi glaciali rimobilizzati da fenomeni periglaciali o di versante. Ove i cordoni litorali sono ben conservati ed osservabili per estesi tratti, si è notato anche che la quota della sommità della medesima berma varia in funzione della granulometria, a sua volta, come noto, direttamente dipendente dall'energia del moto ondoso.

La quota delle creste dei cordoni non indica il livello medio del mare, ma è superiore ad esso di un intervallo variabile tra alcuni decimetri ed alcuni metri.

Nell'intera regione che abbiamo osservato, le spiagge meglio conservate sono quelle di Inexpressible Island, numerose, molto articolate e che si addentrano nell'isola per varie centinaia di metri, descrivendo barre cuspidate ed ampi golfi a festoni.

Le misure altimetriche effettuate e le datazioni che si otterranno dai reperti organici raccolti consentiranno una più accurata valutazione del tasso di sollevamento isostatico ed una ricostruzione della variazione relativa del livello del mare.

## 7. ASPETTI PERIGLACIALI

In tutto il territorio studiato diffusi sono gli aspetti periglaciali. Il permafesto (*permafrost*) è stato incontrato a profondità variabili da pochi centimetri (alle quote più elevate) ad alcuni decimetri; localmente lo strato attivo può avere uno spessore maggiore, soprattutto nella fascia costiera ed ove sono presenti depositi a granulometria grossolana (sabbioni arcocici, ghiaie di spiaggia).

Diffusissimi sono i poligoni dovuti ai cunei di ghiaccio, con maglie di dimensioni da metriche a decametriche (fig. 12). Sono particolarmente sviluppati ed evidenti sui depositi glaciali, soprattutto se a matrice limosa ed a nucleo di ghiaccio. Sui depositi di spiaggia attuali non sono presenti, ma divengono via via più evidenti sulle spiagge emerse oloceniche, all'aumentare della loro quota. Sono al-

tresi presenti su regolite anche estremamente sottile, o direttamente su substrato lapideo, in particolare sulle rocce metamorfiche, nonché su rocce vulcaniche e piroclastiche.

All'interno di questi poligoni ve ne sono spesso altri di minori dimensioni, ascrivibili al tipo dei poligoni selezionati (*sorted polygons*), del diametro compreso tra alcuni decimetri e pochi metri, rigonfi nella porzione centrale. Localmente si sono anche osservati cerchi selezionati di dimensioni inferiori al metro. Sui pendii i poligoni selezionati possono localmente evolvere in suoli striati (*sorted stripes*). La forma più diffusa lungo i versanti con copertura regolitica o glaciale è costituita dalle terrazette.

Sulle sommità tabulari od ondulate dei rilievi, modellate in roccia in posto, si osservano distese di blocchi (*Felsenmeer*). Ai piedi delle pareti rocciose sono presenti falde e coni detritici, che spesso alla loro base passano a *rock glaciers*; questi nella fascia costiera localmente vanno a sovrapporsi alle spiagge emerse. Sulle falde detritiche sono stati localmente osservati solchi e lobi di *debris flow*.

Altre forme periglaciali sono i terrazzi di crioplanazione, osservati sui rilievi interni di Inexpressible Island.

L'azione nivale è limitata, in considerazione delle scarse precipitazioni e dell'intensa deflazione ed è evidenziata unicamente da canali di valanga.

Più efficace ed intensa è l'azione eolica che si manifesta con forme di erosione e, più limitatamente, con forme d'accumulo. Tra le prime citiamo i pavimenti eolici estremamente diffusi che però solo localmente sono costituiti da campi di ciottoli e blocchi sfaccettati (*ventifacts* o *Dreikanter*). Caratteristici sono i solchi semilunari di deflazione attorno ai grandi massi granitici, ove questi sono circondati da sabbioni di arenizzazione. Tra le forme di accumulo citiamo i *ripples* eolici di ghiaia, con clasti del diametro di qualche centimetro.

Sulle forme periglaciali, nel corso di questa campagna di ricerche, non sono stati effettuati studi specifici, ma ci si è limitati ad una loro identificazione e ad un'analisi del-



FIG. 12 - Black Ridge. Poligoni dovuti a cunei di ghiaccio, sviluppati su regolite. Le maglie hanno una larghezza di vari metri (si confrontino le dimensioni con quelle dell'elicottero visibile sullo sfondo). In primo piano massi granitici tafonizzati ed ossidati (foto ripresa il 29.01.87).

la loro organizzazione spaziale, mediante il rilevamento geomorfologico illustrato nel paragrafo successivo.

## 8. RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO

Nella zona compresa tra Tethys Bay ed Adelie Cove, della quale era disponibile una base topografica in scala 1:10 000, è stato eseguito un rilevamento geomorfologico di dettaglio, allo scopo di descrivere i caratteri salienti del territorio in esame, rappresentandone la distribuzione.

Sono stati distinti forme e processi glaciali, periglaciali, eolici, dell'alterazione, litorali e strutturali.

Naturalmente, le forme più sviluppate ed i processi maggiormente attivi sono quelli glaciali e periglaciali (per la descrizione dei quali si rimanda ai paragrafi 4, 5, 7), che interagiscono e sono più o meno condizionati dai processi litorali ed eolici.

Questi ultimi svolgono un ruolo di primo piano per quanto concerne la deflazione, il trasporto e la deposizione della neve, condizionando l'alimentazione e l'ablazione dei ghiacciai attuali. L'azione eolica si manifesta anche nell'asportazione della matrice fine dei depositi litorali e glaciali, determinando la formazione di pavimenti eolici. L'azione geomorfologica esercitata direttamente dal mare interessa una fascia costiera posta al di sotto di 30 m di quota circa e si manifesta sia in forme di erosione, quali falesie e piattaforme di abrasione sospese, sia in forme di accumulo, quali cordoni litorali attuali e spiagge emerse oloceniche (cf. par. 6). Associati alla zona costiera, ma estesi anche a zone più elevate, sono i siti abbandonati di colonie di Pinguini, che presentano nel dettaglio caratteristiche morfologiche ben definite. La loro distribuzione nella zona studiata, oltre a fornire la possibilità di eseguire datazioni  $^{14}\text{C}$  della sostanza organica contenuta, assume un importante significato paleoambientale.

Per quanto riguarda le forme di alterazione, essendo il substrato costituito prevalentemente da rocce granitiche, si rimanda al paragrafo successivo.

È stata evidenziata una distribuzione spaziale dei fenomeni, legata da un lato alla situazione geografica attuale, dall'altro alle vicende glaciali pleistoceniche. Da questa interazione trae origine una zonazione dell'area in fasce grosso modo parallele alla costa. In particolare, oltre ad una fascia costiera, sono distinguibili tre zone altimetriche ben caratterizzate dalla presenza di depositi glaciali riferibili a tre complessi distinti (cf. par. 4). La prima, compresa tra la fascia costiera e la quota 350 circa, è la più evidente e la meglio caratterizzata, data l'estesa copertura di depositi glaciali del complesso TN I. Questi depositi, a tratti con morfologia da ghiaccio morto, sono profondamente interessati e localmente rimobilizzati da processi periglaciali.

Una seconda fascia è compresa circa tra 350 e 600 m. È caratterizzata dalla presenza di depositi glaciali del complesso TN II, che sono però maggiormente diffusi nella porzione inferiore di questa zona.

Un'ultima fascia, del tutto marginale nella zona rilevata, è individuabile a quote superiori ai 600 m. Questa è caratterizzata dalla presenza di un substrato litologico

fortemente arrossato ed alterato, al di sopra del quale si rinvengono erratici del complesso glaciale TN III.

I depositi glaciali olocenici ed attuali non si adattano a questa suddivisione in fasce parallele alla costa, essendo associati alla distribuzione dei ghiacciai attuali, che si sviluppano ampiamente in tutta la zona rilevata, dalle quote superiori fino al livello del mare, occupando oltre il 50% dell'area.

La carta geomorfologica rilevata vuole essere un primo contributo alla conoscenza degli aspetti salienti del territorio immediatamente circostante la base italiana e può costituire un utile supporto per successivi studi delle altre componenti ambientali.

## 9. FORME D'ALTERAZIONE NEI GRANITI

Classiche sono le forme d'alterazione nei graniti in Antartide, legate all'azione aloclastica in ambiente litorale o polare arido (DESIO, 1974). Anche a Terra Nova Bay gli affioramenti granitici sono interessati da tafoni. Lungo la fascia costiera, nelle immediate vicinanze del mare, prevalgono forme di alterazione sferoidali o irregolarmente arrotondate. L'estremità della penisola di Cape Russell, allungata con direzione N-S al margine meridionale delle Northern Foothills, si presenta completamente modellata, nel dettaglio, in queste forme, sporgenti da sabbioni arcocici di disgregazione (fig. 13).

Sempre nella fascia costiera, ma a maggior distanza dal mare, sono diffuse forme del tipo tafoni, con cavità ampie ed irregolari, cornici aggettanti sottoescavate e massi sferoidali svuotati dal basso e ridotti a forme simili a carapaci di testuggine (fig. 14). Anche queste forme sono accompagnate da sabbioni arcocici, ascrivibili a processi di arenizzazione aloclastica.

Procedendo verso l'interno queste forme si attenuano sino a sparire e le superfici granitiche si presentano ossidate e ricoperte da una «patina del deserto» di colore bruno.

A quota maggiore le superfici granitiche non raggiunte o comunque non erose durante l'ultima glaciazione, si presentano intensamente rubefatte e con cavità del tipo tafoni. Queste raggiungono anche grandi dimensioni e possono interessare erratici granitici delle glaciazioni precedenti. Localmente, come per esempio al M. Keinath (1 090 m) ed in alcuni rilievi collinari ad W della Tethys Bay, presentano tafoni «a cappuccio» (fig. 15). Anche queste forme sono da ritenersi originate da aloclastismo: concentrazioni di sali sono spesso presenti come efflorescenze in superficie o a debole profondità nel suolo e sulla faccia inferiore dei ciottoli subaffioranti.

Altre forme che comunemente si rinvengono sui graniti rubefatti sono le «vaschette» ed i solchi del tipo *Pseudokarren*. Le prime, del tipo degli *Opferkessel*, di dimensioni da centimetriche a pluridecimetriche e con profondità analoga, si sviluppano al di sopra di superfici subpianeggianti, spesso associate in gruppi numerosi. Hanno fondo piano e spesso contengono acqua o ghiaccio. Sulle superfici inclinate sono invece presenti solchi debolmente sinuosi allungati secondo la massima pendenza, lunghi fino ad alcuni metri e larghi fino a qualche decimetro; la profondità è variabile da alcuni centimetri a 20-30 cm. Su

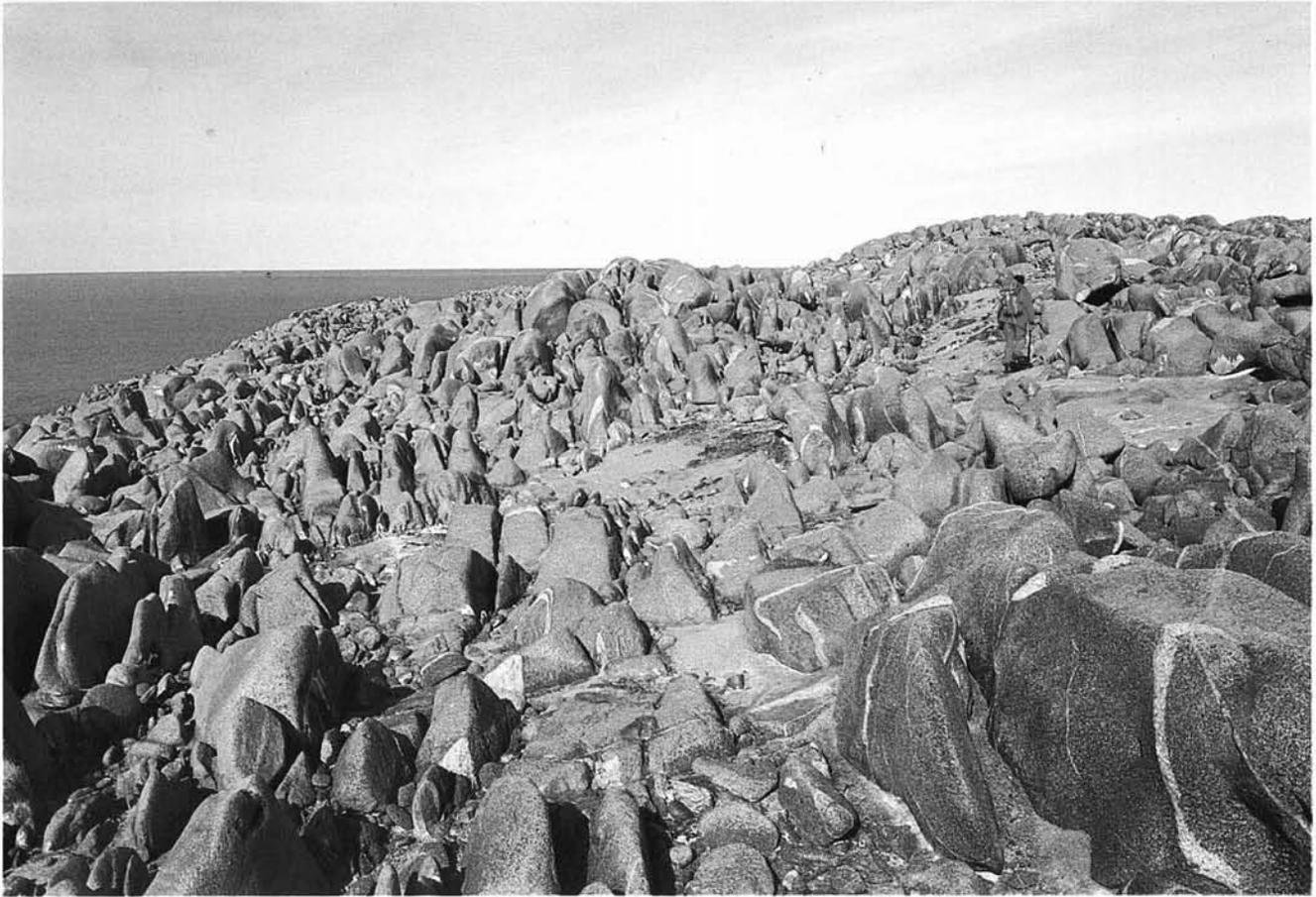


FIG. 13 - Penisola di Cape Russell. Forme di alterazione sferoidale con sabbioni arciosi tra i blocchi. Il substrato è costituito da rocce granitoidi (foto ripresa lo 01.02.87).



FIG. 14 - Northern Foothills, zona del campo base, q. 20 m circa. Masso granitico tafonizzato (foto ripresa il 26.01.87).



FIG. 15 - M. Keinath, q. 1000 m circa. Tafoni «a cappuccio» impostati sul granito. Si noti la figura umana all'interno del tafone posto al centro (foto ripresa il 16.01.87).

queste forme sono state effettuate indagini morfometriche per un confronto con forme analoghe note in letteratura, generalmente attribuite ad alterazione cioè ad azione chimica.

## 10. OSSERVAZIONI GLACIOLOGICHE

Nel corso della campagna di ricerche 1986/87 sono state condotte solo osservazioni preliminari in funzione di una programmazione delle ricerche da svolgere negli anni futuri.

Il Ghiacciaio Strandline (fig. 8), già descritto al par. 5, per le sue caratteristiche morfologiche ed in considerazione della sua vicinanza alla base, è stato individuato come esempio di ghiacciaio locale particolarmente adatto per osservazioni continuate nel tempo (bilancio di massa ed oscillazioni della fronte) ed indagini sperimentali. Si tratta di un ghiacciaio freddo (temperatura in tutta la massa inferiore a 0 °C), controllato dall'azione del vento per quanto concerne sia l'accumulo che l'ablazione (per deflazione e sublimazione), prevalendo il primo nelle aree concave e la seconda in quelle convesse. Nel ghiacciaio si distinguono pertanto più aree di accumulo e di ablazione, che non sono in relazione con l'altimetria, ma con la morfologia. Per controllare le variazioni frontali sono stati posti segnali e stazioni fotografiche, dai quali sono state effettuate misure topografiche preliminari.

Un altro ghiacciaio locale di piccole dimensioni ma con caratteristiche idonee ad uno studio sistematico è stato individuato nell'area di Tarn Flat. Presenta margini ben delineati, essendo circondato da aree completamente prive di copertura nevosa e termina con una fronte «a cupola» entro una depressione ad una quota di circa 60 m sotto il livello del mare. La piattaforma di ghiaccio galleggiante di Hells Gate presenta morene mediane con morfologia a conetti a nucleo di ghiaccio, la cui altezza aumenta nella direzione del flusso sin quasi alla fronte a barriera. Que-

ste evidenze si prestano a studi sull'ablazione e sull'evoluzione dei fenomeni epiglaciali.

Un altro tema di ricerca sul quale sono state fatte osservazioni preliminari è quello che riguarda la genesi delle «*shear moraines*», presenti ai margini di quasi tutti i ghiacciai locali e che costituiscono uno degli aspetti più interessanti della Glaciologia e Geomorfologia locali.

## 11. RICOGNIZIONI GEOMORFOLOGICHE REGIONALI

Poiché il programma pluriennale di ricerche scientifiche e tecnologiche in Antartide (UFFICIO DEL MINISTRO PER IL COORDINAMENTO SCIENTIFICO E TECNOLOGICO, 1986) prevede indagini di Geomorfologia regionale, con il rilevamento di una carta geomorfologica a piccola scala, sono state effettuate alcune ricognizioni in elicottero nei bacini dei ghiacciai Reeves, Priestley e Campbell (fig. 16). Queste indagini preliminari hanno confermato che esistono stretti rapporti tra il glacialismo regionale, la struttura, l'evoluzione tettonica ed il vulcanismo di questo settore delle Montagne Transantartiche, i quali possono essere chiariti mediante indagini geomorfologiche.

Un esempio caratteristico è fornito dal Ghiacciaio Campbell, il cui tratto terminale è stato ostruito dallo sviluppo del Vulcano Melbourne, così che risulta attualmente sopraelevato rispetto ai ghiacciai limitrofi ed invade i versanti montuosi che lo delimitano, fino al livello dei circhi.

Più in generale si è notato che la distribuzione regionale delle forme di erosione glaciale (circhi, speroni troncati, sommità arrotondate), periglaciali (creste, *Horn*) e dell'alterazione, è in rapporto con i lineamenti geologico-strutturali, così che da un lato lo studio geomorfologico può contribuire all'interpretazione dell'evoluzione geologica del territorio, mentre gli studi geologico-strutturali e vulcanologici potranno fornire utili informazioni per l'in-

FIG. 16 - Ghiacciaio Priestley, medio bacino. Si tratta di un caratteristico ghiacciaio di sbocco, sviluppato per oltre 100 km dai margini delle Montagne Transantartiche fino al mare. In questo tratto la larghezza della valle glaciale è di 7-8 km (foto ripresa il 22.01.87).



interpretazione dell'evoluzione glaciale di questo settore antartico.

## 12. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

La campagna di ricerche dell'estate australe 1986/87 nei territori costieri di Baia Terra Nova prevedeva il completamento degli studi già iniziati nel corso della campagna precedente da uno degli Autori (OROMBELLI, 1986). In particolare sono proseguiti gli studi sui depositi glaciali della zona, sulle fluttuazioni glaciali recenti e sulle spiagge emerse oloceniche. È stato inoltre effettuato il rilevamento geomorfologico di dettaglio, in scala 1:10 000, dell'area circostante la base italiana e sono state avviate anche indagini di carattere glaciologico.

Per quanto concerne le glaciazioni cenozoiche e pleistoceniche è stata riconosciuta, anche nelle nuove aree visitate, la suddivisione in tre principali complessi glaciali (OROMBELLI, 1986): quello più antico (TN III) è rappresentato da erratici sparsi e, sulla base di evidenze pedologiche, è da ritenersi prepleistocenico (tracce di espansioni glaciali ancor più antiche sono costituite da morfologie glaciali di erosione a quote più elevate). Il complesso glaciale TN II è attribuibile ad un generico Pleistocene ed è costituito da maggiore varietà litologica e diffusione degli erratici. Il complesso glaciale TN I è riferito all'ultima glaciazione, culminata nella zona del Mare di Ross circa tra 21 000 e 17 000 a. B.P. (STUIVER & *alii*, 1981).

Ulteriori evidenze sono state messe in risalto sui monti Keinath, Gerlache e Crummer, a Inexpressible Island ed a Black Ridge.

In quest'ultima località è stata rilevata una morena laterale del Ghiacciaio Corner, che permette di evidenziare su base morfologica il limite tra i complessi glaciali TN I e TN II, altrove distinti unicamente dai caratteri dell'alterazione.

Nella fascia costiera inferiore a 250 m i depositi glaciali TN I contengono frequentemente frammenti di microfossili marini. È questa una prova del fatto che, durante l'ultima glaciazione, il territorio di Northern Foothills fu raggiunto e ricoperto dalla Piattaforma di Ross, come ipotizzato da DENTON & *alii*, (1975).

Evidenze di fluttuazioni glaciali oloceniche sono state osservate nei ghiacciai locali, nelle piattaforme di ghiaccio galleggianti e nei ghiacciai di sbocco. Sulla base dei rapporti tra morene e spiagge emerse oloceniche sono state riconosciute almeno due fasi di avanzata glaciale nell'Olocene superiore.

Per quanto concerne le piattaforme galleggianti ed i ghiacciai che terminano con la loro fronte in mare (locali e di sbocco) si ritiene che fasi di avanzata e di ritiro siano in relazione alle variazioni del livello marino.

Presso Edmonson Point morene a nucleo di ghiaccio, costituite da sedimenti di spiaggia fossiliferi (*Adamussium colbecki*, *Laternula elliptica*, Echinodermi, ossa di Foca e di Pinguino), documentano una modesta fase di avanzata, posteriore a circa 2 200 anni B.P. Nuovi tratti di spiagge emerse, oltre a quelli già noti o rinvenuti lo scorso anno (OROMBELLI, 1986), sono stati identificati nelle Northern Foothills e presso la penisola di Cape Russell. Lo studio delle spiagge emerse oloceniche, la sistematica ricerca di resti organici (Lamellibranchi, Serpulidi, Coralli, Cirripedi, ossa di Foca, ossa e guano di Pinguino) e la loro datazione con il  $^{14}\text{C}$ , oltre a fornire dati per quanto concerne le fluttuazioni delle piattaforme galleggianti e dei ghiacciai che terminano in mare (locali e di sbocco), consentiranno di ricavare informazioni in merito alle tappe della deglaciazione, al tasso di sollevamento isostatico e alle variazioni del livello del mare in questo settore della Terra Vittoria.

Le spiagge studiate si possono distinguere in due gruppi: quelle della costa orientale del M. Melbourne e quelle della regione a S del monte medesimo. Le prime raggiungono

la quota massima di 7 m e sono in relazione alla recente evoluzione del Vulcano Melbourne, attivo nell'Olocene, come dimostra l'assenza di depositi glaciali ed erratici in questa regione. Nella zona a S del M. Melbourne, invece, le spiagge emerse sono poste a quote comprese tra alcuni m e 30 m circa al di sopra del livello del mare attuale e si sviluppano su un substrato modellato dall'azione glaciale o direttamente sui depositi dell'ultima glaciazione.

Indagini preliminari di natura glaciologica sono state finalizzate all'individuazione degli apparati glaciali più idonei ad uno studio sistematico, protratto nel tempo. Osservazioni più dettagliate sono state fatte sul Ghiacciaio Strandline che, per le sue caratteristiche morfologiche ed in considerazione della vicinanza alla base, si presta a ricerche sperimentali ed a controlli periodici (variazioni della fronte, bilancio di massa, misure di velocità ed indagini di sedimentologia glaciale).

È stata rilevata, alla scala 1:10 000, una carta geomorfologica della zona circostante la Base Italiana di Baia Terra Nova. Sono stati distinti processi e forme glaciali, periglaciali, eolici, dell'alterazione, litorali e strutturali. La distribuzione delle forme rivela una distribuzione sub-parallela alla costa, funzione sia dei fattori geografici attuali, sia dell'evoluzione geologica recente del territorio.

In tutto il territorio studiato sono state fatte osservazioni sugli aspetti periglaciali e sulle forme di alterazione dei graniti.

In funzione degli sviluppi futuri delle ricerche sono state svolte anche indagini preliminari di Geomorfologia regionale nei bacini dei ghiacciai Reeves, Priestley e Campbell. Queste indagini hanno confermato che esistono stretti rapporti tra il glacialismo regionale, la struttura, l'evoluzione tettonica ed il vulcanismo di questo settore di Terra Vittoria.

Tali rapporti potranno essere chiariti mediante indagini geomorfologiche di terreno che, con l'ausilio di foto aeree e da satellite, si potranno concretizzare in una carta geomorfologica a scala regionale.

#### BIBLIOGRAFIA

- CALKIN P.E. & BULL C. (1972) - *Interaction of the East Antarctic Ice Sheet, Alpine Glaciations and sea-level in the Wright Valley Area, Southern Victoria Land*. In: «ADIE R.J. ed., Antarctic Geology and Geophysics: Symposium on Antarctic Geology and Solid Earth Geophysics. Oslo, 6-15 August 1970, Universitetsforlaget», 435-440.
- CAMPBELL I.B. & CLARIDGE G.G. (1966) - *A sequence of soils from Penguin Rookery, Inexpressible Island, Antarctica*. New Zealand Journ. Sc., 9, 361-372, 4 ff.
- CHINN T.J. (1985a) - *Glacial history and Glaciology of Terra Nova Bay area. Logistic report for K 162*. Water Soil Centre, Christchurch. Report n. WS 998. Ministry Work Development, Christchurch, New Zealand, 15 ff.
- CHINN T.J. (1985b) - *Structure and equilibrium of the Dry Valleys Glaciers*. New Zealand Ant. Rec. 6 (special supplement), 73-88, 10 ff.
- CHINN T.J. & WHITEHOUSE I. (1985a) - *Glacial history and Glaciology of Terra Nova Bay. Intermediate report for event K 162, 1984-85*. Water Soil Centre, Christchurch. Report n. WS 999. Ministry Work Development, Christchurch, New Zealand, 2 ff., 1 t.
- CHINN T.J. & WHITEHOUSE I. (1985b) - *Holocene glacial variations, Terra Nova Bay*. (Abstract) New Zealand Ant. Rec., 6 (2), 51.
- CHORLEY R.J., SCHUMM S.A. & SUGDEN D.E. (1984) - *Geomorphology*. Methuen & Co. Ltd., London, 607 pp., 536 ff., 33 tt.
- CLARIDGE G.G. & CAMPBELL I.B. (1966) - *The raised beaches at Inexpressible Island, Antarctica*. New Zealand Journ. Sc., 9, 889-900, 3 ff.
- CLARK J.A. & LINGLE C.S. (1979) - *Predicted relative sea-level changes (18 000 years B.P. to Present) caused by Late-Glacial retreat of the Antarctic Ice Sheet*. Quatern. Res., 11, 279-298, 15 ff.
- DAVID T.W.E. (1909) - *Narrazione del prof. David*. In: «SHACKLETON E.H., Alla conquista del Polo Sud (Il cuore dell'Antartico). Treves, Milano, v. 2», 79-233.
- DAVID T.W.E. & PRIESTLEY R.E. (1914) - *Glaciology, Physiography, Stratigraphy and Tectonic Geology of South Victoria Land*. Rep. Brit. Ant. Exp. 1907-09, 1, 319 pp.
- DENTON G.H., ARMSTRONG R.L. & STUIVER M. (1971) - *The Late Cenozoic glacial history of Antarctica*. In: «TUREKIAN K.K. ed., The Late Cenozoic Glacial Ages. New Haven, Yale University Press», 267-306, 9 ff.
- DENTON G.H., BORNS H.W.J., GROSSWALD M.G., STUIVER M. & NICHOLS R.L. (1975) - *Glacial history of the Ross Sea*. Ant. Journ. U.S., 10, 160-164, 2 ff.
- DESIO A. (1974) - *Forme di erosione eolica comuni all'Antartide ed al Sahara*. In Alto, 58, 387-394, 6 ff.
- DESIO A. (1984) - *L'Antartide*. UTET, Torino, 248 pp., 53 ff., 24 tt.
- DREWRY D.J. (1983) - *Antarctic Ice Sheet: aspects of current configuration and flow*. In: «GARDNER R. e SCOGING H. eds., Mega-Geomorphology. Clarendon Press, Oxford» 18-38, 15 ff.
- GROOTES P.M. & STUIVER M. (1986) - *Ross Ice Shelf oxygen isotopes and West Antarctic climate history*. Quatern. Res., 26, 49-67, 5 ff.
- LORIUS C., JOUZEL J., RITZ C., MERLIVAT L., BARKOV N.I., KOROTKEVICH Y.S. & KOTLYAKOV V.M. (1985) - *A 150 000-year climatic record from Antarctic ice*. Nature, 316 (15 August 1985), 591-596, 4 ff.
- OROMBELLI G. (1986) - *La prima spedizione del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide. Osservazioni geomorfologiche*. Riv. Geogr. Ital., 93 (2), 129-169, 12 ff.
- PRIESTLEY R.E. (1923) - *British (Terra Nova) Antarctic Expedition 1910-13. Physiography (Robertson Bay and Terra Nova Bay regions)*. Harrison & Sons, London. 95 pp., 87 ff., 3 carte.
- STUIVER M., DENTON G.H., HUGHES T. & FASTOOK J.L. (1981) - *History of the marine ice sheet in West Antarctica during the last glaciation: a working hypothesis*. In: «DENTON & HUGHES eds. The last great ice sheets, Wiley, New York» 319-369, 23 ff., 2 tt.
- THOMAS R.H. & BENTLEY C.R. (1978) - *A model for Holocene retreat of the West Antarctic Ice Sheet*. Quatern. Res., 10, 150-170, 6 ff.
- UFFICIO DEL MINISTRO PER IL COORDINAMENTO DELLA RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA (1986) - *Programma pluriennale di ricerche scientifiche e tecnologiche in Antartide*. Reparto Tecnografico del CNR, Roma, 63 pp.
- WHITEHOUSE I. & CHINN T.J. (1985) - *Reconnaissance Geomorphology of Northern Foothills, Terra Nova Bay*. (abstract) New Zealand Ant. Record, 6 (2), 51-52.