

VALTER MAGGI (*)

IL PROGETTO GRIP: GREENLAND ICE-CORE PROJECT. UN PROGRAMMA DI PERFORAZIONE NELLA CALOTTA GROENLANDESE ORGANIZZATO DALLA EUROPEAN SCIENCE FOUNDATION

Abstract: MAGGI V., *The Greenland Ice-Core Project. A programme of drilling of the Ice Cap by the organisation of the European Science Foundation* (ITI SSN 0391-9838, 1990).

The GRIP project (Greenland Ice-Core Project) which is part of the European Glaciological Programme started in the summer of 1990 and its aim is the drilling of the ice cap where it reaches its maximum thickness. Within 3 years it is to be expected to reach the bedrock at an estimated depth of about 3100 m. In the course of the first year (1990) 770 m have been already drilled. Cores were analyzed «in situ» in a lab excavated within the ice in order to obtain preliminary stratigraphic data by measuring physical and chemical parameters characteristic of the cored ice.

KEY-WORDS: Ice Cap, Drilling, Paleoclimate, Greenland.

Riassunto: MAGGI V., *Il Progetto GRIP: Greenland Ice-Core Project. Un programma di perforazione nella calotta groenlandese organizzato dalla European Science Foundation* (IT ISSN 0391-9838, 1990).

Nell'estate 1990 ha avuto inizio il progetto GRIP (Greenland Ice-Core Project) che prevede, nell'ambito dell'European Glaciological Programme (EGP), la perforazione della calotta glaciale nel punto di massimo spessore fino a raggiungere, nell'arco di 3 anni, il substrato roccioso stimato alla profondità di circa 3100 m. Nel primo anno di attività sono stati perforati i primi 770 m e le carote estratte sono state già in parte analizzate «in situ» in un laboratorio scavato nel ghiaccio, così da ottenere una preliminare stratigrafia mediante la misura di parametri fisici e chimici del ghiaccio.

TERMINI CHIAVE: Calotta glaciale, Perforazione, Paleoclima, Groenlandia.

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Milano, Via Mangiagalli, 34 - 20133 Milano.

È necessario ricordare che il Consiglio Nazionale delle Ricerche ha sostenuto per intero il finanziamento della quota Italiana per la partecipazione al progetto. Un particolare ringraziamento al Prof. G. Orombelli del Dipartimento di Scienze della Terra di Milano ed al Dott. A. Rossi dell'Istituto Internazionale per le Ricerche Geotermiche (CNR) di Pisa, per tutta la parte organizzativa sostenuta. Si ringrazia inoltre l'ENEA - Progetto Nazionale di Ricerche in Antartide, per il materiale fornito durante questa spedizione.

Negli ultimi 30 anni lo studio delle carote di ghiaccio ottenute da perforazioni effettuate nelle calotte glaciali sia in Antartide che in Groenlandia, ha permesso di ottenere informazioni sempre più precise e complete sulla composizione, passata e recente, dell'atmosfera del nostro pianeta ed ha aperto la strada alla possibilità di ricostruire l'evoluzione del clima a partire dall'ultimo periodo interglaciale (Eemiano). La massima profondità raggiunta da una perforazione di questo tipo è di oltre 2 200 m presso la base sovietica di Vostok sulla calotta Antartica orientale che ha permesso di ottenere una registrazione continua dei parametri paleoclimatici per 160.000 anni dal presente (LORIUS & *alii*, 1990).

La prima perforazione in Groenlandia è stata eseguita nel 1912-13 da J. P. KOCK & A. WEGENER (1930) che studiarono la variazione di temperatura nei primi 24 m di neve e nevato. Circa 50 anni più tardi venne raggiunta, per la prima volta, la base della calotta glaciale con una perforazione di 1 300 m a Camp Century (HANSEN & LONGWAY, 1966; DANSGAARD & *alii*, 1969). Con il programma GISP (*Greenland Ice Sheet Program*, 1971-1983) la base della calotta glaciale è stata raggiunta nella località Dye 3, alla profondità di 2 038 m (GUNDESTROP & HANSEN, 1984; LONGWAY & *alii*, 1985), attuale record in Groenlandia.

Sulla scia di questa lunga tradizione e nell'ambito dell'European Glaciological Programme (EGP), patrocinato dalla European Science Foundation (ESF), è stato avviato un progetto di perforazione profonda con lo scopo di raggiungere la base della calotta glaciale groenlandese nel punto di massimo spessore, stimato a 3,1 km. Lo sviluppo di questo programma prevede la possibilità di ottenere dati sul clima del passato a partire da almeno 200.000 anni dal Presente, comprendendo interamente i due ultimi cicli glaciale/interglaciale. Il progetto prende il nome di «Greenland

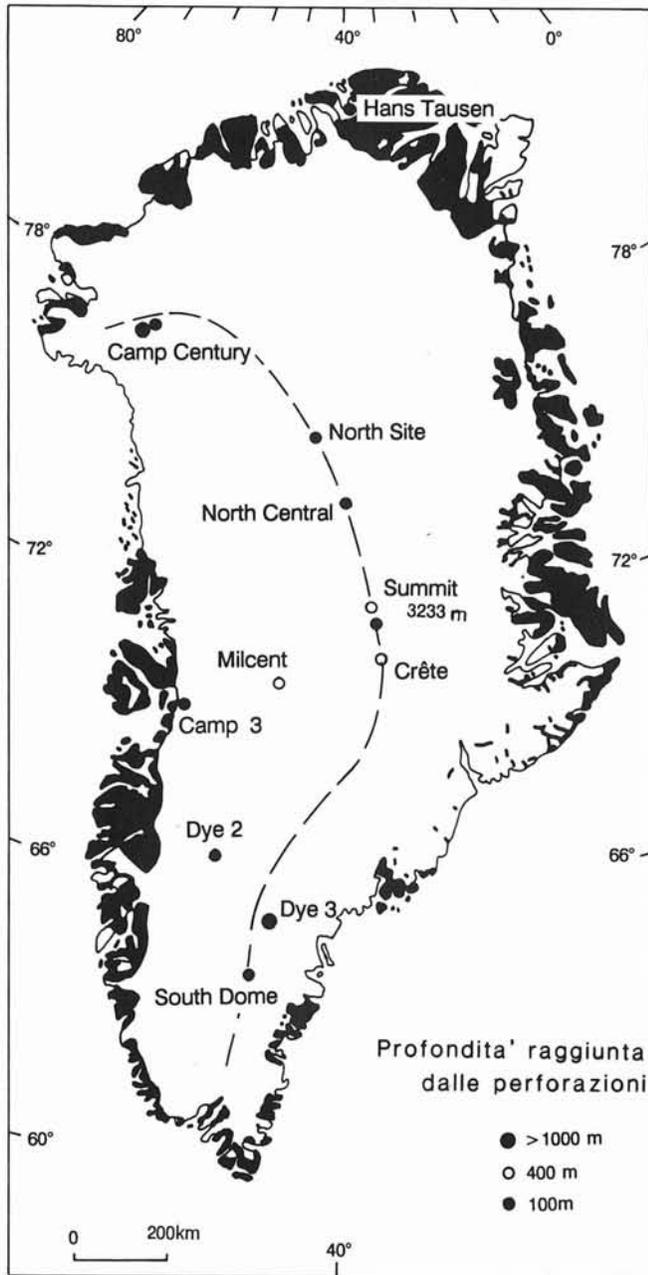


FIG. 1 - Carta schematica della Groenlandia con la posizione dei siti di perforazione. La località Summit si trova nella parte centrale della calotta sull'ice divide principale (linea tratteggiata). (REEH, 1989; modificato).

Ice-Core Project» (GRIP) ed è finanziato da Danimarca, Svizzera, Francia, Gran Bretagna, Germania Federale, Islanda, Belgio ed Italia, che partecipa con un finanziamento del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Il programma di lavoro è articolato in 3 anni con l'esecuzione della perforazione a carotaggio continuo seguita da una successiva fase di studio dei campioni presso nu-

merosi laboratori europei. L'area scelta per la perforazione è denominata Summit (3 233 m, 72 34' N e 37 38' W) ed è situata, come ne indica il nome, nel punto di massima quota di tutta la Groenlandia (fig. 1) dove, secondo misure geofisiche di *radio-echo sounding*, lo spessore totale del ghiaccio raggiunge 3 100 m circa (HODGE & alii, 1990).

L'Estate 1990 (dal 18 Maggio al 15 Agosto) ha rappresentato il primo anno di attività con la costruzione del campo, l'installazione della sonda perforatrice e delle strumentazioni scientifiche, e la perforazione dei primi 769,5 m. Parte del materiale utilizzato nell'approntamento della base, apparteneva ad una spedizione precedente, denominata EUROCORE, che tra il 1988 ed il 1989 ha effettuato una perforazione di 300 m nella stessa area.

La sonda usata per la perforazione è di tipo meccanico a rotazione, manovrata attraverso un cavo della lunghezza di 3,5 km (GUNDESTRUP, 1984). È composta da due parti cilindriche sovrapposte del diametro di 13 ÷ 15 cm. La parte inferiore contiene il carotiere, che estrae carote della lunghezza di 2,5 m e del diametro di 10 cm, e da delle camere che servono per la raccolta del «cutting» di perforazione. La parte superiore contiene il gruppo motore, le batterie, i controlli dell'intero sistema ed il gruppo antitorsione. A unire le due parti vi è un lungo filetto in acciaio

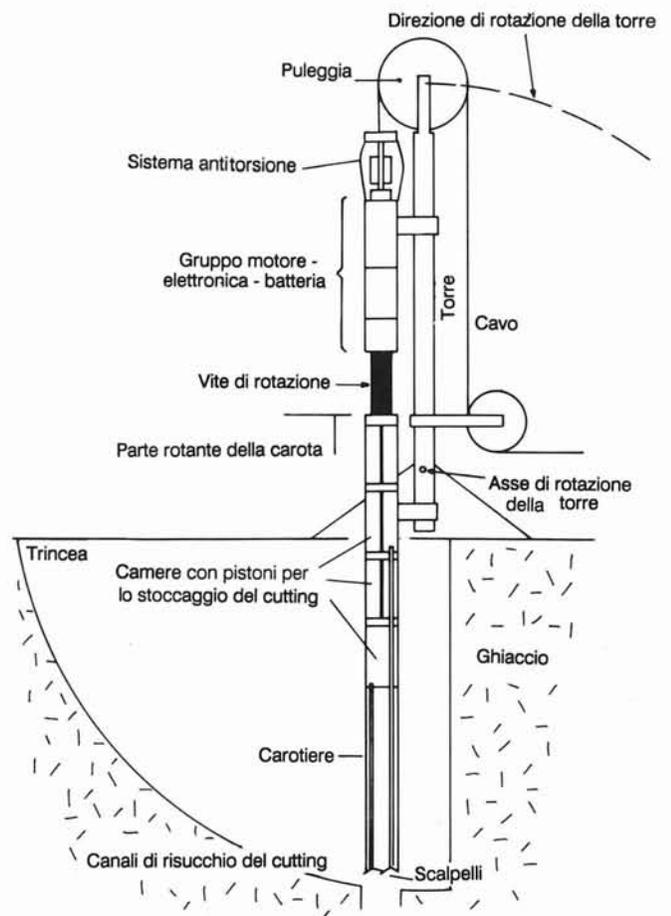


FIG. 2 - Schema semplificato della sonda usata nella perforazione (G.O.C., 1990; modificato).



FIG. 3 - La cupola in legno che contiene la parte logistica del campo: sala radio, generatore di corrente elettrica, sala da pranzo, cucina. Per evitare il congelamento durante le soste, le parte idrauliche del caterpillar (in primo piano) e degli altri mezzi a motore sono dotate di resistenze elettriche, collegabili alla rete del campo.

collegato al motore che imprime la rotazione alla parte inferiore. Il cavo è composto da quattro conduttori isolati e racchiusi in una guaina di fili d'acciaio. L'intera sonda ha una lunghezza di 11,5 m e viene manovrata con una torre della stessa lunghezza che può disporsi orizzontale per facilitare le operazioni di estrazione della carota e di manutenzione (fig. 2).

Il campo di perforazione consiste di 3 cupole e di varie tende. Le prime sono edifici in legno di forma emisferica di grosse dimensioni (fig. 3), con 1 o 2 piani, due delle quali contengono la parte logistica e la terza protegge la sonda. Alcune tende di grosse dimensioni sono state usate come dormitori e vengono smontate alla fine della stagione estiva per evitare che durante l'inverno si danneggino. Solamente due tende, utilizzate come ricovero dei mezzi e come laboratorio «caldo», essendo rialzate di alcuni metri su piccoli dossi di neve appositamente costruiti, non vengono smontate. Completano la parte logistica le aree adibite allo stoccaggio dei materiali di riserva e dei carburanti.

La sonda di perforazione è stata alloggiata in una trincea di 3,5 m di profondità e circa 4 di larghezza su cui è stata costruita una delle cupole in legno: all'interno la temperatura viene mantenuta a -18°C da un sistema di circolazione dell'aria. Tutte le operazioni relative al sondaggio avvengono entro questa trincea, comprese quelle di manutenzione straordinaria della sonda stessa. Il funzionamento della sonda e tutte le operazioni di perforazione vengono svolte da squadre di 2 persone che, in turni di 4 ore, coprono l'arco delle 24 ore giornaliere. Le operazioni di sondaggio si sono svolte in modo completamente standardizzato: un operatore controlla l'andamento di tutte le operazioni attraverso un computer (PC portatile), con il supporto di un sistema analogico per acquisire i principali parametri di perforazione direttamente su carta (profondità raggiunta, carico sui coltelli e assorbimento in corrente elettrica del motore), mentre il secondo interviene solamente quando il carotiere si trova in superficie, assi-



FIG. 4 - Carote di ghiaccio nella trincea scientifica, in attesa di essere analizzate. Il loro diametro è di 10 cm e la lunghezza massima di 2,5 m.



FIG. 5 - La trincea scientifica ove vengono analizzate le carote. Camera «fredda» in cui viene effettuata la misura in continuo della conducibilità elettrica (Solid ECM).

ste alle operazioni di estrazione della carota ed alla manutenzione ordinaria della sonda. La possibilità di ribaltare la torre permette di risparmiare personale e abbreviare queste operazioni. I tempi di un'intera operazione di carotaggio variano in funzione della profondità a cui si è giunti. Durante questo primo anno, finiti i preliminari di perforazione, l'avanzamento del foro è stato mediamente di 25 m al giorno. Si stima che alla profondità di 2 000 m il tempo di un'intera operazione sarà di 2 ore circa, il che permetterà di avere, un avanzamento di circa 15 m al giorno.

L'attività scientifica si svolge all'interno di una trincea lunga 30 m, profonda 3,5 m e larga altrettanto, ricoperta da un soffitto in legno e da uno strato di neve per poter mantenere la temperatura intorno ai -15°C . Vi sono anche alcune camere «fredde» laterali, a temperatura inferiore ai -20°C . La trincea è adibita alle operazioni di studio, taglio e impacchettamento della carota (fig. 4). All'esterno si trovano 2 laboratori «caldi» (temperatura sopra lo zero), composti da un container per le analisi chimiche e da una tenda di grosse dimensioni adibita a sala computer.

Le fasi di analisi *in situ* delle carote comprendono l'esame delle caratteristiche fisiche e del contenuto di alcune sostanze chimiche, mediante il monitoraggio continuo della suscettibilità magnetica, della conduttività elettrica, della densità, della capacità elettrica e della velocità delle onde P all'interno del ghiaccio. Questi parametri permettono di costruire una stratigrafia continua sulla base del contenuto stimato in acidi, sali e materiale solido all'interno delle carote, necessaria per potere poi elaborare delle strategie di studio nei vari laboratori. Anche da un punto di vista chimico viene prodotta una stratigrafia, basata sul monitoraggio del contenuto in H_2O_2 , in ammonio e in nitrati (fig. 5). La possibilità di avere a disposizione, in breve tempo, tutti questi dati permette di effettuare controlli incrociati e correlazioni con precedenti perforazioni. Per quanto riguarda i primi 300 m è stato possibile anticipare i risultati utilizzando le analisi effettuate sulla carota EUROCORE e così prevedere l'avvicinarsi di eventi chimico-fisici di particolare interesse. La strumentazione utilizzata è stata studiata appositamente per questo progetto dai vari organismi di ricerca partecipanti, per analizzare le carote di ghiaccio (estremamente fragili) in modo automatico e ridurre al minimo il maneggio. Inoltre tutti i dati sono stati archiviati su supporti magnetici per una successiva rielaborazione.

Lo scopo della perforazione è quella di ricostruire le variazioni paleoclimatiche avvenute nel nostro emisfero e di studiare il chimismo ed il bilancio radiativo dell'atmosfera nel passato, confrontando i risultati con quelli ottenuti dalle perforazioni groenlandesi ed antartiche precedenti. I parametri che permetteranno lo studio dell'effetto serra, del contenuto in aerosol dell'atmosfera e della variazione di questi nel tempo saranno trattati con particolare accuratezza allo scopo di valutare lo stato di salute della nostra atmosfera.

Le possibilità di analisi coprono un'arco di discipline scientifiche che rientrano nei campi fisico, chimico, bio-

logico ed ecologico. In particolare si svilupperanno ricerche sulla composizione isotopica (^{18}O , ^{13}C , D) e sui gas presenti nel ghiaccio (CO_2 , CH_4 , gas nobili, CO e altri), sul contenuto di polveri eoliche, cationi, anioni e radioisotopi (microparticelle, solfuri, fluoruri, cloruri, nitrati, H_2O_2 , NH_4^+ , ^{14}C , ^{10}Be , ^{36}Cl , ^{129}I , ecc.) e del contenuto in sostanza organica come pollini, spore, amminoacidi e batteri.

Parallelamente al progetto GRIP è iniziato il GIPS 2 (*Greenland Ice Sheet Program 2*), finanziato ed eseguito dagli Stati Uniti, che si prefigge gli stessi scopi e situato a circa 30 km di distanza dal campo europeo. È indubbio che la possibilità di avere a disposizione gli stessi tipi di dati provenienti da perforazioni vicine permette di verificare la variabilità e di controllare la corrispondenza dei risultati.

Il ghiaccio polare è attualmente considerato il più importante archivio dei caratteri chimici e fisici dell'atmosfera del nostro pianeta e della loro evoluzione nel tempo. Il progetto GRIP rappresenta l'esempio più avanzato nell'ambito delle attuali ricerche glaciologiche nel mondo. Solamente con progetti di collaborazione internazionale, sull'esempio dell'EGP-GRIP, è possibile arrivare ai dati contenuti all'interno delle calotte polari, con la massima garanzia di efficienza e di serietà e completezza di indagini scientifiche.

BIBLIOGRAFIA

- DANSGAARD W., JOHNSEN S.J., MOLLER J. & LONGWAY C.C. (1969) - *One thousand centuries of climatic record from Camp Century on the Greenland ice sheet*. Science, 166, 377-381.
- GRIP OPERATION CENTER (GOC) (1990) - *Planning report: Field Plan 1990*. 30 pp.
- GUNDESTRUP N.S. (1984) - *Istuk, a deep core drill system*. In: HOLDSWORTH G., KULVINEN K.C., RAND J.H. ed., *Ice Drilling Technology*. Cold Regions Research & Engineering Laboratory, Special report, 84-34, 7-19.
- GUNDESTRUP N.S. & HANSEN B.L. (1984) - *Borehole survey at Dye 3, South Greenland*. Journ. Glaciol., 30, 282-288.
- HANSEN B.L. & LONGWAY C.C. JR. (1966) - *Deep core drilling in ice core analysis at Camp Century, Greenland, 1961-1966*. Antarctic Journ., 1, 207-208.
- HODGE S.M., WRIGHT D.L., BRADLEY J.A., JACOBEL R.W., SKOU N. & VAUGHN B. (1990) - *Determination of the surface and bed topography in central Greenland*. Journ. Glaciol., 36, 17-30.
- KOCH J.P. & WEGENER A. (1930) - *Wissenschaftliche Ergebnisse der Danischen expedition nach Dronning Louises-Land und quer über das Inlandeis von nordgrönland (1912-13 unter Leitung von Hauptmann J.P. Koch)*. Meddelelser om Grønland, 75, 676 pp.
- LONGWAY C.C. JR., OESCHGER H. & DANSGAARD W. (1985) - *The Greenland Ice Sheet Program in prospective*. Am. Geophys. Un., Geoph. Monograph., 33, 1-8.
- LORIUS C., JOUZEL J., RAYNAUD D., HANZEN J. & LE TREUT H. (1990) - *The ice-core record: climate sensitivity and future greenhouse warming*. Nature, 347, 139-145.
- REEH N. (1989) - *Dynamic and climatic history of the Greenland Ice Sheet*. In: FOULTON R.J. ed., *Quaternary Geology of Canada and Greenland*, Geol. Survey Canada, 795-822.