

MASSIMO FREZZOTTI (*)

ANALISI DELLE PIATTAFORME E DELLE LINGUE DI GHIACCIO GALLEGGIANTI DELLA TERRA VITTORIA (ANTARTIDE) TRAMITE IMMAGINI DA SATELLITE E FOTOGRAFIE AEREE

Abstract: FREZZOTTI M., *Glaciological study of Victoria Land ice shelves and ice tongues inferred from remote sensing analysis (Antarctica)*. (IT ISSN 0391-9838, 1992).

Analysis of satellite images (Landsat 1 MSS, 4 TM and SPOT 1 XS), of U.S. Navy aerial photographs (TMA) and of U.S.G.S. maps were used to collect information on ice front, areal variations and rates of flow of ice shelves and ice tongues in the Terra Nova Bay area (Victoria Land, Antarctica). Comparison among different documents taken several years apart (from 1960 to 1990) allowed us to estimate ice velocities. The mean ice velocity of the ice tongues and ice shelves ranges from 30 m/yr to 900 m/yr. The highest velocities are found at the outer margin of Drygalski Ice Tongue.

KEY WORDS: Glaciology, Remote Sensing, Antartide.

Riassunto: FREZZOTTI M., *Analisi delle piattaforme e delle lingue di ghiaccio galleggianti della Terra Vittoria (Antartide) tramite immagini da satellite e fotografie aeree*. (IT ISSN 0391-9838, 1992).

L'analisi delle immagini da satellite (Landsat 1 MSS, 4 TM e SPOT 1 XS) delle fotografie aeree del U.S. Navy (TMA) e le carte topografiche del U.S.G.S. ha permesso lo studio delle fronti glaciali, delle variazioni aerali e dei flussi delle piattaforme e delle lingue di ghiaccio galleggianti nell'area di Baia Terra Nova (Terra Vittoria, Antartide). Il confronto fra differenti tipi di documenti ripresi a distanza di vari anni (dal 1960 al 1990) ha permesso di valutare le velocità superficiali delle piattaforme e delle lingue di ghiaccio galleggianti, che sono risultate comprese fra 30 m e 900 m per anno. Le velocità più elevate sono state rilevate alla estremità della Lingua di ghiaccio galleggiante Drygalski.

TERMINI CHIAVE: Glaciologia, Telerilevamento, Antartide.

Nella presente nota vengono riassunte le ricerche fino ad ora svolte, attraverso l'elaborazione e l'analisi di dati telerilevati, sulle piattaforme e sulle lingue di ghiaccio gal-

leggianti dell'area di Baia Terra Nova (fig. 1; Terra Vittoria, Antartide).

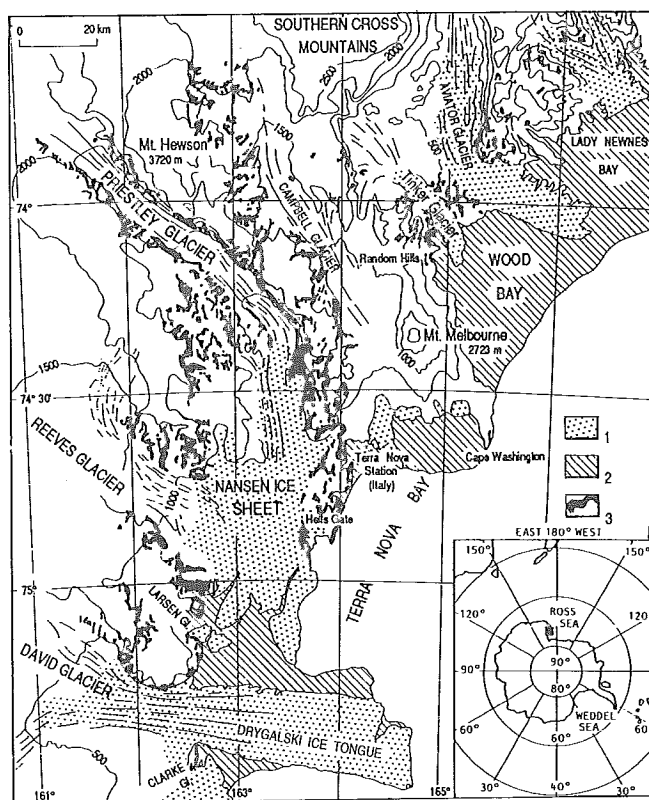


FIG. 1 - Inquadramento geografico dell'area di Baia Terra Nova, ridisegnato in base alle carte del U.S.G.S. del Antarctica Reconnaissance Series. Legenda: 1 - Piattaforme e lingue di ghiaccio galleggianti; 2 - Banchisa e ghiaccio marino; 3 - Aree libere dal ghiaccio.

FIG. 1 - Sketch map of Terra Nova Bay area redrawn on the basis of U.S.G.S. topographic maps of Antarctica Reconnaissance Series. Legend: 1 - Floating ice shelves, ice tongues and glacier tongues; 2 - Fast and bay ice; 3 - Ice-free area.

(*) ENEA, AMB-MON-GEOL, CRE Casaccia, S.P. Anguillarese - 00060 S. Maria di Galeria (Roma).

Lavoro svolto nell'ambito del «Programma Nazionale di Ricerche in Antartide».

Comunicazione presentata al VI Convegno Glaciologico Italiano, Gressoney, 26-28 Settembre 1991 (Communication presented at the 6th Italian Glaciological Meeting, Gressoney, 26-28 September, 1991).

Utilizzando le immagini da satellite Landsat 4 TM (fig. 2) e le immagini SPOT1 XS sono stati creati due mosaici

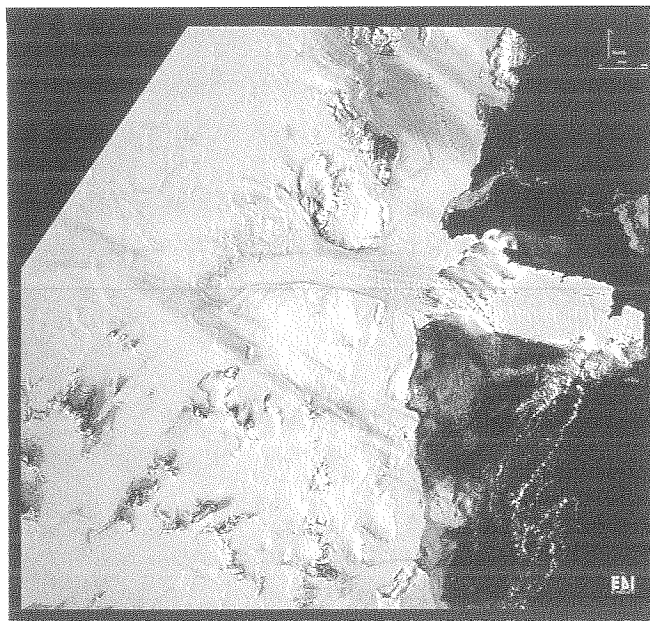


FIG. 2 - Mosaico di immagini da satellite Landsat 4 TM (62/113 e 62/114, del 17 gennaio 1990) dell'area di Baia Terra Nova fra la piattaforma galleggiante Hells Gate a Nord e la Lingua Galleggiante Drygalski a Sud (FREZZOTTI, 1992b).

FIG. 2 - Mosaic of Landsat 4 TM images (62/113 and 62/114 of January 17, 1990) showing the Terra Nova Bay area between Hells Gate ice shelf and Drygalski Ice Tongue (FREZZOTTI, 1992b).

georiferiti (BORFECCHIA & FREZZOTTI, 1990, 1991; FREZZOTTI, 1992a, 1992b), identificando sulle immagini la rete geodetica del P.N.R.A. (ITALIANTARTIDE) e le *Survey Control Stations* sulle carte del U.S. Geological Survey. Utilizzando questi mosaici come riferimento sono state rettificate le altre immagini da satellite Landsat 1 MSS e Landsat 4 TM.

Le immagini così corrette delle piattaforme e delle lingue di ghiaccio sono state analizzate e paragonate con tecniche digitali ed hanno evidenziato la differente posizione geografica di alcune morfologie glaciali (fronti glaciali, crepacci, accumuli di neve, doline di ghiaccio ecc.) nei differenti anni. Questo ha permesso di valutare la variazione di alcuni parametri superficiali, la posizione delle fronti e la velocità superficiale (BARONI & *alii*, 1991; FREZZOTTI, 1992a, 1992b).

Drygalski è il nome della lingua di ghiaccio galleggiante del Ghiacciaio David che termina nella parte meridionale della Baia Terra Nova (figg. 1 e 2). Il David è il maggiore ghiacciaio di sbocco presente nella Terra Vittoria e drena un'area della Calotta Est Antartica di circa 224.000 km². Il confronto tra immagini da satellite del dicembre

1988 e del gennaio 1990 ha permesso di individuare 120 punti su cui sono state valutate le velocità annuali che hanno fornito valori compresi fra 150 ± 30 e 910 ± 30 m/a; 86 misure di velocità sono state eseguite confrontando immagini del gennaio 1973 e del dicembre 1988, fornendo valori compresi tra 626 ± 5 e 721 ± 5 m/a (FREZZOTTI, 1992a, 1992b). Inoltre è stato possibile valutare la differente posizione della fronte nel 1960, 1973, 1988 e 1990. La superficie della lingua aumentata di $15 \text{ km}^2/\text{a}$ fra il 1973 e 1990. Il Ghiacciaio David-Drygalski presenta alla sua testata una crepacciata, che dovrebbe rappresentare l'espressione morfologica della linea di galleggiamento. A valle di questo punto convergono due flussi uno settentrionale più piccolo, proveniente dal Duomo Talos, dove sono state rilevate le velocità più basse (circa 150 ± 30 m/a), e uno più grande e veloce (circa 550 ± 30 m/a) proveniente dal Duomo Circe (DREWRY, 1983). La minore velocità del flusso proveniente dal Duomo Talos porta alla formazione di *rift* nella parte settentrionale della lingua (FREZZOTTI, 1992a, 1992b). Il flusso meridionale in prossimità della linea di galleggiamento presenta una larghezza di circa 10 km, uno spessore di circa 2.530 m (SWITHINBANK, 1988) ed una velocità di 480 m/a questi dati permettono di calcolare una portata annuale di circa 12 km^3 (FREZZOTTI, 1992a, 1992b).

La Piattaforma Nansen termina nella Baia Terra Nova e copre un'area di circa 1.800 km² (fig. 1). La piattaforma è alimentata da ghiacciai di sbocco Reeves e Priestley che drenano l'area meridionale del Duomo Talos.

L'analisi delle immagini da satellite del 1972 e del 1988 ha permesso di valutare la velocità in circa 40 punti della parte finale della piattaforma. Le velocità medie calcolate nel periodo 1972-88 sono comprese fra 120 ± 5 m/a vicino a Tarn Flat e 360 ± 5 m/a nella parte più orientale vicino alla lingua Drygalski (BARONI & *alii*, 1991). La superficie totale della piattaforma è diminuita tra il 1960 e il 1972 di un'area di circa 124 km². L'analisi delle fotografie aeree e delle immagini da satellite ha permesso di rilevare che fra il 1963 e il 1972 una porzione della piattaforma valutabile in circa 170 km², si è staccata in *iceberg*. (BARONI & *alii*, 1991). Dal 1972 al 1988 la superficie della piattaforma è aumentata di circa $3,5 \text{ km}^2/\text{a}$. Questo valore rappresenta la quota annuale di aumento di superficie dovuto alla portata. Lo spessore della fronte glaciale è stato stimato a circa 165 m attraverso l'altezza sul livello del mare della falesia. La portata della piattaforma alla fronte è di circa $0,62 \text{ km}^3/\text{a}$ (FREZZOTTI, 1992a, 1992b). Dalle immagini da satellite (fig. 2) è possibile osservare che circa il 40% della superficie della piattaforma (circa 720 km²) è costituita da ghiaccio blu. Questo si forma a causa della deflazione e della sublimazione indotta dai forti e persistenti venti catabatici invernali provenienti dalle valli dei ghiacciai Reeves e Priestley. Nell'area di Tarn Flat, allo sbocco del Ghiacciaio Priestley e sulla Piattaforma Hells Gate (BARONI, 1990; FREZZOTTI, 1992b; MENEGHEL, *com. pers*) sono stati rilevati valori medi di ablazione superficiale indotta dai venti catabatici di 20-30 cm/a. Considerando questi valori è possibile calcolare un'ablazione su-

perficiale della piattaforma di circa $0,15 \text{ km}^3/\text{a}$ (FREZZOTTI 1992b).

Il Ghiacciaio Campbell drena un bacino di circa 4.000 km^2 che comprende i *névé* del Southern Cross Mountains e del Deep Freeze Range e termina nella Baia Nova con una lingua lunga circa 17 km (fig. 1). Le velocità sono state misurate, attraverso la comparazione delle immagini del 19 dicembre 1988 e del 2 dicembre 1989, su 33 punti e sono comprese fra i $140 \pm 20 \text{ m/a}$ vicino alla linea di galleggiamento e $240 \pm 20 \text{ m/a}$ nella parte terminale della lingua (FREZZOTTI, 1992a, 1992b). L'estensione della lingua è rimasta uguale nel 1963, nel 1972, nel 1988 e nel 1989 misurando circa $77-78 \text{ km}^2$. Lo spessore della lingua è stato stimato attraverso l'altezza della superficie della lingua sul livello del mare ed è di circa 550 m vicino alla linea di galleggiamento e 255 m a 13 km da questa. Considerando i valori di velocità e spessore alla linea di galleggiamento e che la sezione è di circa 5 km è possibile valutare la portata in $0,39 \text{ km}^3/\text{a}$ (FREZZOTTI, 1992a, 1992b). Questo valore è in accordo con quello stimato da ZANON (1988). Questa portata è stata compensata da una costante perdita annuale in *iceberg* durante il periodo 1956-90 poiché l'estensione superficiale della lingua è rimasta costante nel tempo.

Il Ghiacciaio Tinker ha un bacino di circa 1.400 km^2 che comprende i *névé* del Southern Cross Mountains e termina nella Baia Wood con una lingua lunga 12 km circa (fig. 1). Utilizzando le immagini da satellite del 1972 e del 1989 sono state calcolate 8 misure di velocità della lingua. Queste sono comprese fra $50 \pm 5 \text{ m/a}$ dove questa inizia e $91 \pm 5 \text{ m/a}$ alla sua estremità. La superficie della lingua è risultata di 76 km^2 nel 1963, 76 km^2 nel 1972 e 77 km^2 nel 1989 (FREZZOTTI, 1992a, 1992b).

Il Ghiacciaio Aviator è uno dei maggiori ghiacciai della Terra Vittoria settentrionale e drena i *névé* delle Southern Cross Mountains, Evans, Hercules e Mountaineer Range, con un bacino di circa 7.300 km^2 (fig. 1). Il ghiacciaio termina nella Baia Wood con una lingua lunga circa 28 km nel 1989. Utilizzando le immagini da satellite del

1972 e del 1989 sono state calcolate 31 misure di velocità della lingua. Queste sono comprese fra 119 ± 5 e $185 \pm 5 \text{ m/a}$ (FREZZOTTI, 1992a, 1992b). La superficie della lingua è stata valutata in 400 km^2 nel 1963, 379 km^2 nel 1972 e 410 km^2 nel 1989. Le misure hanno messo in evidenza una differente velocità della parte iniziale della lingua con valori di $166-172 \pm 5 \text{ m/a}$ nel settore settentrionale e $145-149 \pm 5 \text{ m/a}$ nel settore meridionale. L'apertura di *rift* osservata nel settore settentrionale sembra collegata a questa differente velocità. Tale diverso comportamento della lingua sembra dovuto alla brusca curva a sinistra che il ghiacciaio segue prima di diventare lingua (FREZZOTTI, 1992a, 1992b).

BIBLIOGRAFIA

- BARONI C. (1990) - *The Hells Gate and Backstairs Passage ice shelves (Victoria Land, Antarctica)*. Mem. Soc. Geol. It., 43 (1988), 103-128.
- BARONI C., FREZZOTTI M., GIRAUDI C. & OROMBELLI G. (1991a) - *Ice flow and surficial variation inferred from satellite image and aerial photograph analysis of Larsen Ice Tongue, Hells Gate and Nansen ice shelves (Victoria Land, Antarctica)*. Mem. Soc. Geol. It., 46 (1989), 69-80.
- BORFECCHIA F. & FREZZOTTI M. (1990) - *Antartide-Baia Terra Nova. Immagine realizzata nell'ambito del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide*. SPOT (R)-c CNES 1988. P.N.R.A., ENEA-EDI, TELESPAZIO. Fratelli Palombi, Roma.
- BORFECCHIA F. & FREZZOTTI M. (1991) - *Satellite image mosaic of the Terra Nova Bay area (Victoria Land, Antarctica)*. Mem. Soc. Geol. It., 46 (1989), 521-523.
- DREWRY D.J. ed. (1983) - *Antarctica: Glaciological and geophysical folio: sheet, 2-9*. Cambridge, England, Scott Polar Research Institute, University of Cambridge.
- FREZZOTTI M. (1992a) - *Fluctuations of ice tongues and ice shelves derived from satellite images in Terra Nova Bay area, Victoria Land, Antarctica*. In: «Recent Progress in Antarctic Earth Science», Yoshida Y. (Ed.), Terra Scientific Company, Tokio, 733-739.
- FREZZOTTI M. (1992b) - *Glaciological study in Terra Nova Bay area (Antarctica) inferred from remote sensing analysis*. Ann. Glaciology, 17.
- SWITHINBANK C.W.M. (1988) - *Satellite Images Atlas of Glacier of the World. Antarctica*. U.S.G.S. prof. paper, 1368-B, 278 pp.
- ZANON G. (1988) - *Ricerche preliminari sul bilancio glaciale della Baia Terra Nova (Antartide)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 11, 56-58.