

IL TELERILEVAMENTO PER L'OSSERVAZIONE DEL TERRITORIO DALL' SPAZIO (2)

Maurizio FEA, Associazione Geofisica Italiana (AGI), con la collaborazione di Alberto Baroni (SERC0).

Immagini: cortesia dell'European Space Agency (ESA/ESRIN).

Terra Verde o Terra degli Uomini, l'isola più grande del mondo

Ricoperta per l'80% di ghiaccio permanente, la *Terra Verde*, o *Terra degli Uomini* nella lingua locale, si trova in gran parte a Nord del Circolo Polare Artico, con insediamenti umani ad oltre 81° Nord. La sua capitale, Nuuk, è localizzata, invece, a un paio di gradi più a Sud del Circolo Polare Artico, sulla costa occidentale dove il clima è più mite. Geologicamente, l'isola è parte del continente americano; politicamente è ancora legata alla Danimarca, anche se oramai quasi completamente indipendente. Dal punto di vista geofisico, la Groenlandia è tenuta sotto stretta sorveglianza nel contesto delle variazioni climatiche: il suo manto di ghiaccio è relativamente giovane, ha circa 100.000 anni, ma raggiunge i tremila metri di spessore ed è la seconda più vasta concentrazione di acqua dolce della Terra dopo l'Antartide.

Facendo riferimento, come sempre, alle brevi note pubblicate su questa Rivista nel 2004, la Groenlandia è qui illustrata attraverso l'analisi e l'interpretazione di immagini rilevate da satellite in diverse bande spettrali con i metodi tipici del telerilevamento. I portali web dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) (www.esa.int, earth.esa.int) ed il sito web Eduspace, sviluppato dall'ESA per scopi educativi in nove lingue e disponibile all'indirizzo www.esa.int/eduspace, offrono un utile e ricco complemento, così come i portali di altre istituzioni che operano nel campo dell'osservazione della Terra. Al succitato sito Eduspace, in particolare, si rimanda per gran parte dei dettagli metodologici e di elaborazione dei dati da satellite, che qui non è possibile approfondire.

Terra verde in un universo dal bianco accecante

La copertura satellitare in un'unica immagine dell'immensa superficie della Groenlandia, vasta più di due milioni di Km², richiede la generazione di un mosaico, che può essere ottenuto solo integrando i dati rilevati durante molte orbite successive; tuttavia, questa operazione non dà risultati soddisfacenti perché le tonalità radiometriche delle parti di territorio rilevate in momenti diversi sono molto differenti tra loro e, quindi, danno un'immagine dai toni non uniformi e di complessa lettura interpretativa. Pertanto, per dare un'idea dell'altissima riflettanza dei ghiacci nella banda spettrale del Visibile, le immagini di copertina raffigurano parte della Groenlandia centro-meridionale (prima di copertina) e parte della costa nord-orientale (quarta di copertina), che appaiono, dunque, con un effetto quasi accecante per il lettore, proprio come un esploratore percepirebbe sul posto quell'immensa superficie ghiacciata. Le immagini sono state rilevate nel luglio del 2004 in condizioni di minima copertura stagionale dei ghiacci, ai bordi dei quali, quindi, fanno capolino le zone costiere. La prima di copertina illustra l'apparizione della "terra verde" lungo le coste sud-occidentali, sulla quale si trova la capitale Nuuk. L'immagine è stata rilevata dallo strumento MERIS del satellite Envisat dell'ESA il 16 luglio 2004 ed è visualizzata in colori naturali (RGB 7,5,2): con tonalità dal bianco al verde-ciano appaiono le ramificazioni dei fiordi lungo i quali permangono i ghiacci permanenti (grigio chiaro) e nei quali si muovono i blocchi di ghiaccio che se ne distaccano e che nell'acqua molto fredda (verde-ciano) per i sedimenti e le risalite in superficie di fitoplancton) si dirigono verso il mare. L'immagine in quarta di copertina copre solo una parte dell'immenso Parco Nazionale della Groenlandia Nord-Orientale, il più grande parco del mondo. Essa illustra molto bene la frammentazione dei ghiacci perenni (bianco) in blocchi di varie dimensioni, che alla fine raggiungono il mare aperto sotto forma di veri e propri iceberg galleggianti (bianchi) e confluiscono nelle correnti marine; il ghiaccio galleggiante nei fiordi e sul mare assume tonalità di grigio più o meno chiaro a seconda del suo spessore e della quantità di acqua liquida che contiene. Le tonalità dal verde chiaro al marrone che si osservano nell'immagine indicano la presenza di vegetazione caratteristica della tundra, tipica dei territori con temperature medie sempre al di sotto dello 0 °C e con estati molto corte; inoltre, è opportuno notare che sulle aree settentrionali della Groenlandia l'aria è molto secca e, quindi, le precipitazioni nevose scarseggiano, rendendo più problematico il mantenersi o il ricostituirsi del manto ghiacciato. Infine, si può notare che gli estesi ammassi nuvolosi sulla destra hanno una riflettanza nella banda spettrale del Visibile simile a quella del ghiaccio; per distinguerli ci si avvale della diversa riflettanza che nubi e ghiaccio presentano nella banda spettrale dell'Infrarosso Vicino, come illustrato in Fig. 1, nella quale è visualizzata la costa nord-orientale in falsi colori (RGB 13,5,2): il ghiaccio continentale è bianco, mentre il ghiaccio costiero e marino appare in verde chiaro e le nubi in rosso-marrone chiaro.

Un importante termometro per il clima

Così come altre immense distese di ghiaccio, quali l'Antartide, la Siberia, la banchisa sull'Oceano Polare Artico, anche la Groenlandia è divenuta un "sorvegliato speciale" in relazione alle preoccupazioni per il riscaldamento globale a livello planetario: il suo manto ghiacciato è particolarmente vulnerabile e se si sciogliesse del tutto, il livello globale del mare potrebbe aumentare di quasi 7 metri! Le osservazioni effettuate dai satelliti dell'ESA ERS-1, ERS-2 e Envisat, e dal canadese Radarsat-1 tra il 1992 e il 2005 hanno dimostrato che il ritmo di rilascio in mare dai ghiacciai meridionali dell'isola era quasi raddoppiato durante il decennio 1996-2005. Il ghiacciaio Petermann, il più lungo ghiacciaio galleggiante dell'emisfero boreale, si trova sulla costa nord-occidentale della Groenlandia, di fronte alla isola canadese di Ellesmere, dalla quale è separato dallo Stretto di Nares, e penetra nel mare alla velocità media di circa 1 Km all'anno, rilasciando iceberg che si dirigono poi verso l'Oceano Artico. Una campagna di osservazioni nel 2008 mostrò che questo ghiacciaio aveva perso ben 29 Km² tra il 10 e il 25 luglio! Inoltre, questo ghiacciaio aveva, fino al 3 agosto 2010, il fronte più ampio del mondo, circa 70 Km; nei giorni seguenti, la lingua di ghiaccio si ruppe e l'immagine in Fig. 2, rilevata da MERIS il 5 agosto 2010, mostra l'avvenuto distacco di un gigantesco iceberg.

Un'ulteriore conferma che il problema dello scioglimento dei ghiacci esiste arriva dalle immagini rilevate nella banda spettrale delle microonde, la elaborazione delle quali, nonostante la difficoltà interpretativa per una singola immagine, risulta molto utile per verificare lo stato dei ghiacciai a date diverse. Il caso del ghiacciaio Kangerdlugssuaq, il più esteso della costa orientale e che si immette nello Stretto di Danimarca a circa 69° Nord, è emblematico. L'immagine rilevata dal satellite Landsat-7 in colori naturali (Fig. 3) mostra in tutta la sua bellezza l'ambiente polare, il ghiacciaio e le decine di iceberg originatisi da quest'ultimo. Le immagini acquisite dai sensori a microonde aggiungono ulteriori informazioni a quelle rilevate dai sensori ottici: l'integrazione dei dati rilevati in due date diverse permette di valutare la diversa posizione del fronte del ghiacciaio nel 1992 e nel 2011 (Fig. 4), mostrando che il fronte del ghiacciaio si è ritirato di ben 5 Km in 19 anni e che la sua larghezza è visibilmente diminuita. Infine, è interessante sfruttare la possibilità di osservazione su scala continentale che offrono i satelliti per l'osservazione della Terra per avere un colpo d'occhio sulle velocità e le traiettorie dei ghiacciai in movimento: la Fig. 5 sintetizza un mosaico di molte orbite, lungo le quali sono state calcolate queste grandezze elaborando i dati dei radar (SAR) di ERS-1 e ERS-2, ASAR di Envisat e di Radarsat-1 lungo orbite successive (E. Rignot, Science, Feb. 2006).



Fig. 1 - Immagine multispettrale della costa nord-orientale della Groenlandia, rilevata dallo strumento MERIS di Envisat il 17 maggio 2002 e visualizzata in falsi colori (RGB 13,5,2) (cortesia ESA/ESRIN).

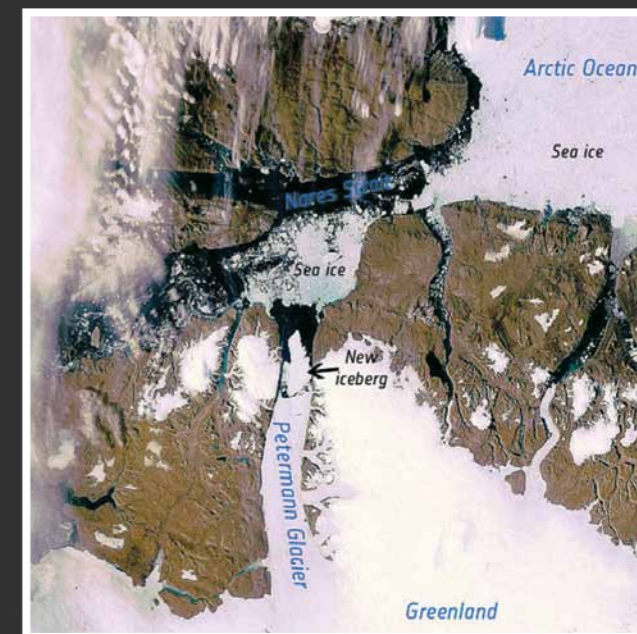


Fig. 2 - Immagine multispettrale del ghiacciaio Petermann, rilevata da MERIS il 5 agosto 2010 e visualizzata in colori naturali (RGB 7,5,2) (cortesia ESA/ESRIN).



Fig. 3 - Immagine multispettrale del ghiacciaio Kangerdlugssuaq, rilevata da Landsat-7 il 19 settembre 2012 e visualizzata in colori naturali (RGB 3,2,1).

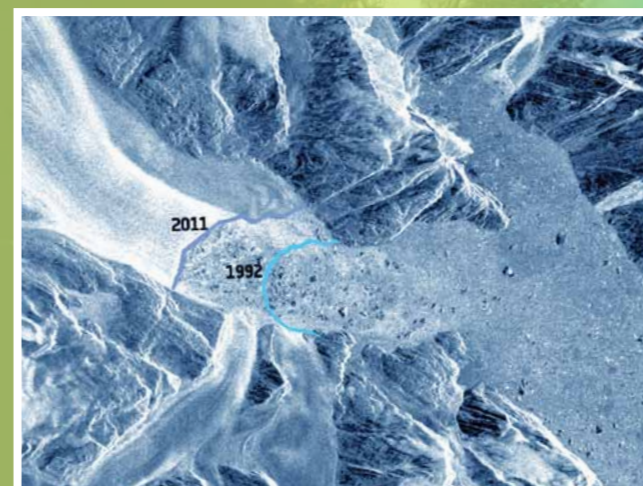


Fig. 4 - Immagini del ghiacciaio Kangerdlugssuaq rilevate nella banda spettrale delle microonde da ASAR di Envisat nel 1992 e nel 2011 (cortesia ESA/ESRIN).

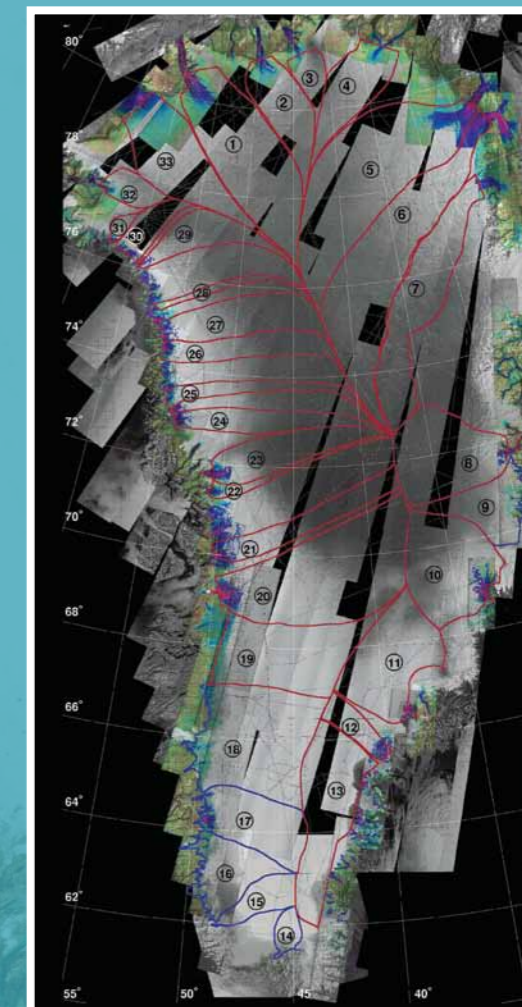


Fig. 5 - Immagine mosaico delle velocità di spostamento dei ghiacci calcolate dai dati rilevati dai radar (SAR) lungo orbite successive (E. Rignot, Science, Feb. 2006).