

Metodologia di classificazione e di delimitazione di un'area protetta per il sito di Edmonson Point in Antartide mediante l'elaborazione di immagini QuickBird

Luigi ROSSI, Marco PIERAZZI, Maurizio POLLINO

ENEA – C.R. CASACCIA, Via Anguillarese 301 - 00060 ROMA
Tel.: 06.30486041 – Fax: 06.30486038 - e-mail: rossi@casaccia.enea.it

Riassunto

Scopo del presente lavoro è di descrivere le procedure per la delimitazione e la classificazione dell'area antartica deglaciata di *Edmonson Point*, avente elevato interesse floro-faunistico, al fine di proporla l'inserimento nell'elenco delle ASPA (*Antarctic Specially Protected Areas*).

Sulla base di tale esigenza, presso il Laboratorio EDI (ENEA Digital Imagery) sono state condotte una serie di attività, incentrate sulla messa a punto di metodologie di elaborazione e classificazione di immagini QuickBird (Gennaio 2004). Queste ultime, dopo opportune operazioni di *image enhancement*, al fine di rendere più agevoli le operazioni di interpretazione visiva, sono state corrette geometricamente utilizzando le curve di livello ricavate da un rilievo aerofotogrammetrico precedente (Dicembre 1993). È stato, quindi, prodotto un DEM in base al quale è stata rettificata l'immagine QuickBird pancromatica ed è stata generata la relativa ortoimmagine con risoluzione a terra di 0,70 m. Sulla base di queste elaborazioni, sono stati individuati, con esattezza e con dati aggiornati nel tempo, i confini delle aree deglaciata e l'attuale andamento della linea di costa.

Un'altra serie di elaborazioni ha riguardato le procedure di classificazione, volte all'individuazione automatica di una serie di parametri ambientali (ad esempio, estensione delle aree deglaciata, aree vegetate e pinguinaie) a supporto del processo di identificazione e di delimitazione dell'area protetta per il sito in oggetto.

Abstract

This document describes the work carried out at the EDI (ENEA Digital Imagery) laboratory in order to bound and classify the Antarctic ice free area named Edmonson Point, very relevant for local flora and fauna. The final goal is to support the procedures required for the inclusion of this area into the ASPA registry (Antarctic Specially Protected Areas).

The core of activities is represented by image-processing and classification procedures of QuickBird images (January 2004). Firstly, image enhancement operations have been achieved to improve the visual interpretation of images; then, a geometric correction has been performed using contour lines obtained by a previous aerial survey (December 1993); finally, the panchromatic QuickBird image has been rectified, obtaining an orthoimage with a resolution of 0,70 m. These elaborations allowed to accurately update the coast line way and the boundaries of ice free areas. Subsequent elaborations have concerned the classification procedures devoted to automatically extract some environmental parameters, (i.e.: ice free areas extension, vegetation areas, penguin rookeries), in order to support the identification and delimitation process, necessary to give the status of protected area for this site of interest.

1 Introduzione

Presso il Laboratorio EDI (ENEA Digital Imagery) è stata sviluppata, per il sito di *Edmonson Point* in Antartide, una metodologia di elaborazione di immagini QuickBird ad alta risoluzione, basata su procedure di classificazione e di interpretazione visiva finalizzate al raggiungimento di una conoscenza il più possibile dettagliata ed approfondita di tale area di particolare interesse floro-faunistico e scientifico. Queste operazioni sono il presupposto necessario per poter procedere all'inserimento dell'area nell'elenco dei siti antartici sottoposti a tutela integrale internazionale (ASPAs, *Antarctic Specially Protected Areas*). La zona di interesse è suddivisa in due parti: la prima, e più grande, è costituita dal promontorio vero e proprio, la seconda, più piccola, si trova poco più a NO (Figura 1). Le due zone, aventi complessivamente un'estensione poco maggiore di 4 km², sono situate ai piedi del vulcano *Mount Melbourne*, a NE della base italiana "Stazione Mario Zucchelli", nella penisola nord delle *Northern Foothill*, nella Baia Terranova (Mare di Ross).

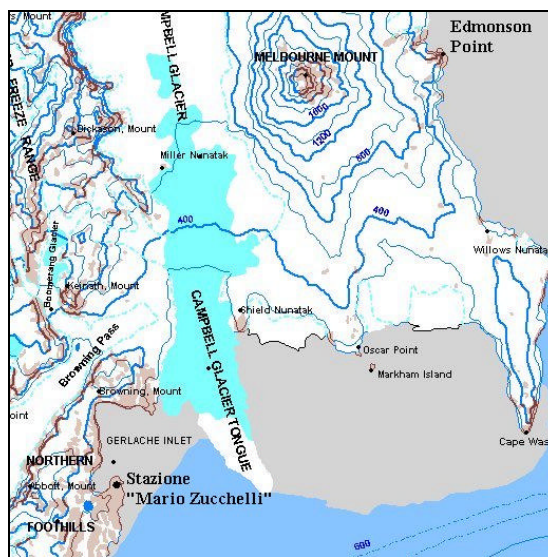


Figura 1 -Mappa generale del sito antartico di interesse

2 Le aree protette

Le aree antartiche protette sono quei siti a cui è stato dato formalmente lo stato di protezione speciale. L'annesso V al Protocollo di Madrid sulla protezione ambientale sancisce l'esistenza di tali aree e regola le procedure per la loro designazione, i codici di condotta e le attività che si possono svolgere all'interno di queste aree speciali.

Ogni area protetta, includendo fra queste anche le aree marine protette, può essere designata come Area Antartica a Speciale Protezione (ASPAs) al fine di salvaguardare i valori dell'area ritenuti di eccezionale importanza dal punto di vista scientifico, storico, estetico e naturale.

Le aree che necessitano di particolare protezione sono quelle che rappresentano i maggiori ecosistemi terrestri (rappresentativi di queste aree sono per esempio alcune specie di muschi, licheni e alghe, a volte unici sul pianeta), includendo ecosistemi acquatici e glaciali ed ecosistemi marini (la varietà di specie rare o addirittura uniche nei mari e nell'oceano antartico rende tali aree di estremo interesse scientifico). Aree da proteggere sono anche le aree caratterizzate da una inusuale varietà di specie animali, comprendendo le principali colonie di uccelli (petrelle o skua), le varie specie di pinguini e di mammiferi nativi dell'area quali foche e orche marine.

Aree di elevato interesse sono anche quelle interessate da particolari e uniche caratteristiche geologiche, geomorfologiche, glaciologiche oltre che estetiche e naturali, comprendendo anche i siti storici ossia i siti dove sono presenti resti di insediamenti umani delle prime spedizioni antartiche.

I vari ecosistemi, data la loro peculiarità, risultano estremamente sensibili all'interferenza umana legata in particolar modo alle attività logistiche e di ricerca che si possono svolgere nell'area. Per questa ragione, al fine di preservare intatti i valori eccezionali che caratterizzano l'area, ogni parte consultiva o nazione che svolge attività in Antartide, sia essa commissione per la ricerca scientifica in Antartide, sia essa commissione per la conservazione delle risorse marine antartiche viventi è tenuta a richiedere ed a valutare piani di gestione che hanno lo scopo di preservare intatto l'ambiente originario e che mirano a limitare l'impatto umano al livello più basso possibile attraverso delle linee guida e attraverso l'applicazione di codici comportamentali.

La possibilità di effettuare ricerche in tali aree passa, pertanto, attraverso una attenta valutazione degli impatti prodotti da tali attività, sia di ricerca che logistiche. Al tempo stesso l'entrata in aree protette ed il campionamento di organismi viventi viene regolamentato da permessi rilasciati dagli

organi competenti previa valutazione delle attività ed in relazione alle ricerche scientifiche afferenti a tali attività.

3 Metodologia di elaborazione

Al fine di ottenere le informazioni di interesse a supporto del processo di classificazione quale area protetta per il sito in oggetto, sono state utilizzate due immagini acquisite *in bundle* dal satellite QuickBird l'8 gennaio 2004, con risoluzione geometrica di 0,70 m per il pancromatico e di 2,80 m per il multispettrale (tre bande nel visibile + una nell'infrarosso vicino).

Il satellite in questione opera su un'orbita polare eliosincrona posta a 450 km di altezza, con 97,2 gradi di inclinazione e con una velocità al suolo di 7,1 km/secondo ed è caratterizzato da un FOV di 30° ($\pm 15^\circ$) con un abbracciamento di 16,5 km. Tra le tipologie di immagini QuickBird disponibili, si è scelto di utilizzare le cosiddette immagini *Standard*: esse sono sottoposte a correzioni geometriche e radiometriche direttamente dal fornitore. Le correzioni radiometriche servono ad eliminare gli errori spettrali causati dal sensore durante la fase di acquisizione, mentre la correzione geometrica è basata unicamente sull'impiego dei dati orbitali post-processati ed integrati da un DEM a bassa risoluzione (3' in latitudine e longitudine). Unitamente alle immagini sono stati forniti i *file* ausiliari relativi a metadati, *Rational Polynomial Coefficients (RPC)*, effemeridi, calibrazione geometrica, altitudine. Tali informazioni sono necessarie al miglioramento della georeferenziazione nonché al processo di ortorettificazione delle immagini stesse.

La procedura di elaborazione dei dati telerilevati si è basata sui seguenti passi operativi, effettuati in ambiente *software ERDAS Imagine*:

- operazioni di *image enhancement* al fine di rendere più agevoli le operazioni di interpretazione visiva delle immagini;
- correzione geometrica dell'immagine pancromatica e generazione della relativa ortoimmagine con risoluzione a terra di 0,70 m;
- delimitazione, mediante interpretazione visiva, delle aree deglacciate ed identificazione dell'attuale andamento della linea di costa (il precedente rilievo risale al 1993);
- classificazione *unsupervised* dell'ortoimmagine satellitare (2004) e confronto col precedente rilievo (ortofoto del 1993) per un'analisi diacronica della variazione delle aree deglacciate;
- classificazione *supervised* dell'immagine multispettrale (bande 4,2,1) al fine di individuare automaticamente una serie di parametri ambientali (aree vegetate, pinguinaie, ecc...).

3.1 Operazioni di *image enhancement*

Le particolari caratteristiche di luminosità che si riscontrano in Antartide, a causa dell'ampiezza della superficie ghiacciata, influenzano fortemente le riprese satellitari che, molto spesso, danno luogo ad immagini fortemente sovresposte. L'alterazione delle caratteristiche radiometriche compromette, quindi, la possibilità di riconoscere con efficacia le caratteristiche del territorio.

Nelle immagini a disposizione si è notato che tali effetti sono più accentuati nella ripresa multispettrale le cui quattro bande risultano spesso molto correlate tra loro. Si generano di conseguenza disturbi nella percezione dei colori o addirittura errori radiometrici di difficile interpretazione e correzione.

In considerazione di questo e della maggior risoluzione a terra (0,70 m), si è scelto di svolgere le elaborazioni relative alle procedure di *image enhancement* e di delimitazione dell'area protetta sull'immagine pancromatica, mentre si è effettuata la classificazione sulla multispettrale. Il primo passo, pertanto, è stato quello di migliorare la qualità visiva dell'immagine pancromatica. Per far ciò, sono state perimetrate manualmente le aree deglacciate presenti nella zona antartica di interesse, permettendo la definizione di una serie di AOI (*Areas Of Interest*). Successivamente, soltanto su di esse si è lavorato sul contrasto tra *pixel*, con operazioni di *histogram equalization*, in modo da restituire la necessaria leggibilità agli elementi del territorio. Nella Figura 2 è mostrata l'immagine

in questione prima e dopo la correzione radiometrica, con particolare riguardo al sito principale di interesse di *Edmonson Point*.

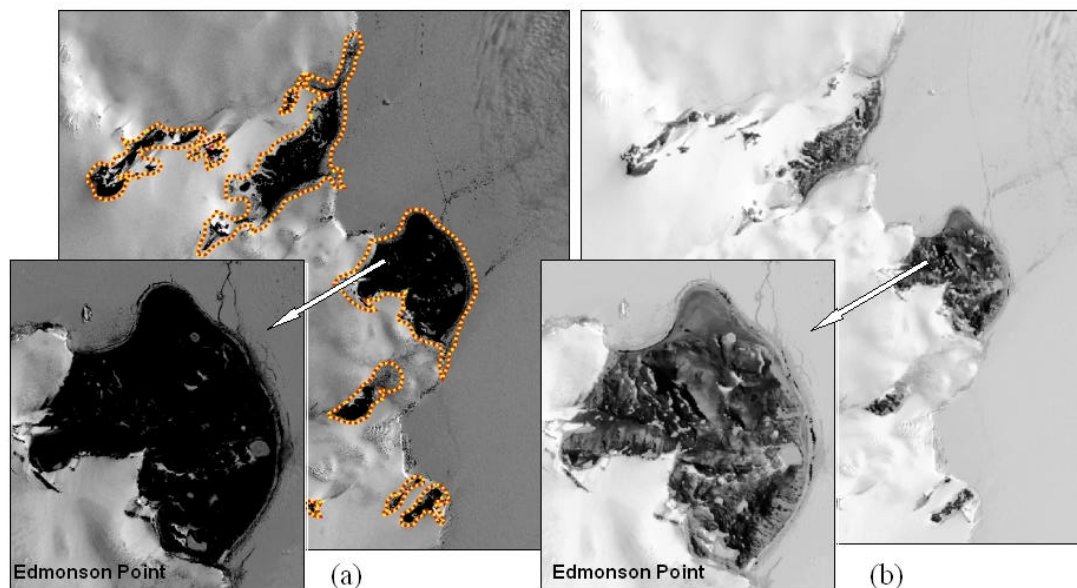


Figura 2 - Correzione radiometrica dell'immagine pancromatica. (a): definizione delle AOI (area of interest); (b): risultato delle elaborazioni di image enhancement

3.2 Identificazione delle aree deglaciata e dell'attuale andamento della linea di costa

L'immagine pancromatica migliorata visivamente è stata sottoposta a correzione geometrica, mediante il processo di ortorettifica.

Per una porzione dell'area deglaciata di interesse era disponibile un rilievo fotogrammetrico, effettuato nel Dicembre 1993 con un volo a quota 1500 m e dal quale sono state ricavate le curve di livello con equidistanza di 2 m. Utilizzando le informazioni provenienti da questo rilievo pregresso è stato generato, per la porzione suddetta, un DEM. Le curve di livello e i punti quotati a disposizione sono stati poi integrati da punti di controllo a terra rilevati direttamente tramite apparecchiatura GPS.

Sulla base di questo DEM si è ottenuta, attraverso metodologie di elaborazione del dato ormai consolidate, l'ortoimmagine dell'area di *Edmonson Point* sulla quale è stato possibile, a questo punto, individuare con esattezza e con dati aggiornati nel tempo, i confini delle aree deglaciata e l'attuale andamento della linea di costa (Figura 3).

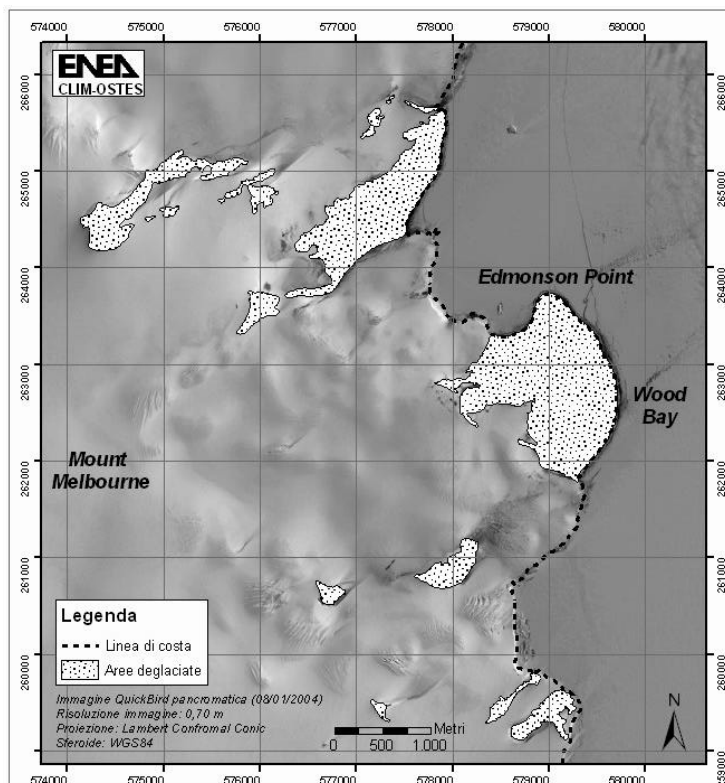


Figura 3 - Mappa delle aree deglaciata ed attuale andamento della linea di costa

3.3 Procedure di classificazione

Avendo a disposizione il rilievo aerofotogrammetrico del Dicembre 1993, è stato effettuato, per la parte comune dell'area principale di *Edmonson Point*, un confronto tra tale dato e l'ortoimmagine del 2004 in modo da poter valutare quantitativamente la diminuzione delle aree glaciato, riscontrabile già in maniera evidente dal semplice confronto visivo tra le due immagini. Tale confronto risulta avere significato in quanto i rilevamenti sono stati effettuati nella medesima stagione. Preliminarmente le due ortoimmagini sono state processate al fine di renderle omogenee (e, quindi, confrontabili), riducendo la risoluzione dell'immagine aerea a quella dell'immagine satellitare (0,70 m) ed individuandovi la medesima perimetrazione per le successive operazioni di classificazione. Entrambe le immagini sono state poi classificate in modalità *unsupervised*, individuando due distinte classi: aree glaciato ed aree deglaciato.

Dal confronto tra le due immagini classificate (Figura 4), è emerso che, in un'area di studio pari a 1,22 km², nell'arco di 10 anni (ossia nel periodo compreso tra Dicembre 1993 e Gennaio 2004), la superficie delle aree deglaciato è aumentata in maniera sensibile, passando dal 70% del 1993 al 93% del 2004.

Utilizzando l'immagine QuickBird multispettrale è stata, invece, sviluppata una procedura di classificazione che ha consentito di individuare automaticamente una serie di parametri ambientali, quali aree vegetate, pinguinaie, ecc., utili nell'ottica degli sviluppi futuri che seguiranno la definizione di *Edmonson Point* quale area protetta a tutti gli effetti.

L'immagine multispettrale nelle bande 4,2,1 (infrarosso vicino, verde, blu) è stata, pertanto, sottoposta a classificazione di tipo *supervised*, ossia controllata dall'utente e per la quale è necessario definire aree di natura nota (*training areas*). Mediante interpretazione visiva dell'immagine sono state riconosciute differenti classi di copertura del suolo (ghiaccio, acqua, acqua mista a ghiaccio, pinguinaia, roccia, sabbia, vegetazione), per le quali sono state estratte le firme spettrali (*signature*).

Per la classificazione è stato utilizzato l'algoritmo di classificazione a massima verosimiglianza (*Maximum Likelihood*), il quale si basa sul criterio che ogni *pixel* è assegnato alla classe a cui esso mostra la maggiore probabilità a posteriori di appartenenza; in caso di incertezza, i *pixel* vengono assegnati alla classe con probabilità massima più prossima. Successivamente, è stato adoperato un filtro logico di tipo modale (matrice filtro 3x3), in modo da eliminare il tipico effetto "sale e pepe" presente nell'immagine direttamente generata dall'algoritmo di classificazione a massima verosimiglianza. La Figura 5 mostra i risultati della classificazione, con particolare riguardo alla principale zona di interesse per il quale erano disponibili dei rilievi effettuati *in situ* nel Novembre del 2003: il confronto con tali dati ha costituito un importante riferimento per la valutazione dell'accuratezza della classificazione automaticamente prodotta.

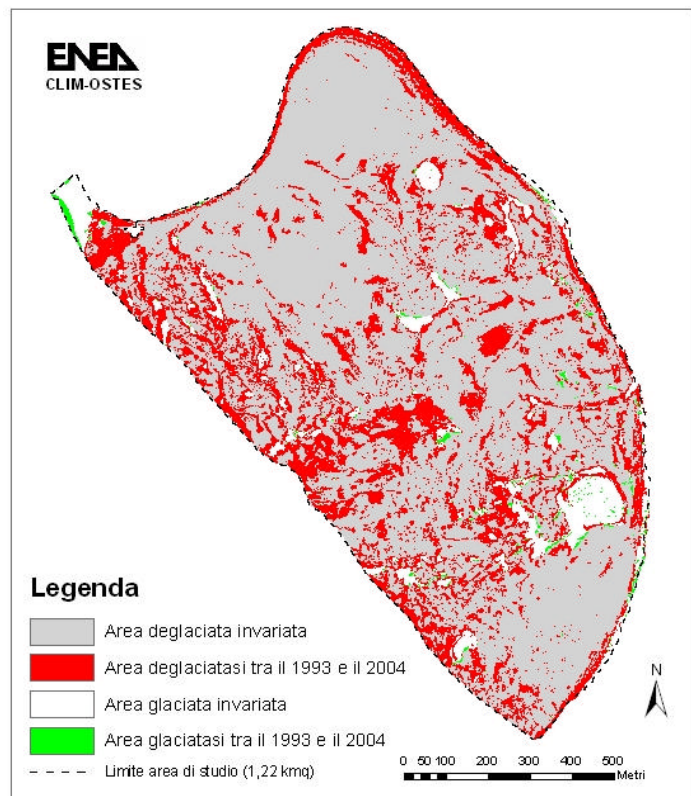


Figura 4 - Analisi diacronica della variazione delle aree deglaciato (Dic. 1993 - Gen. 2004)

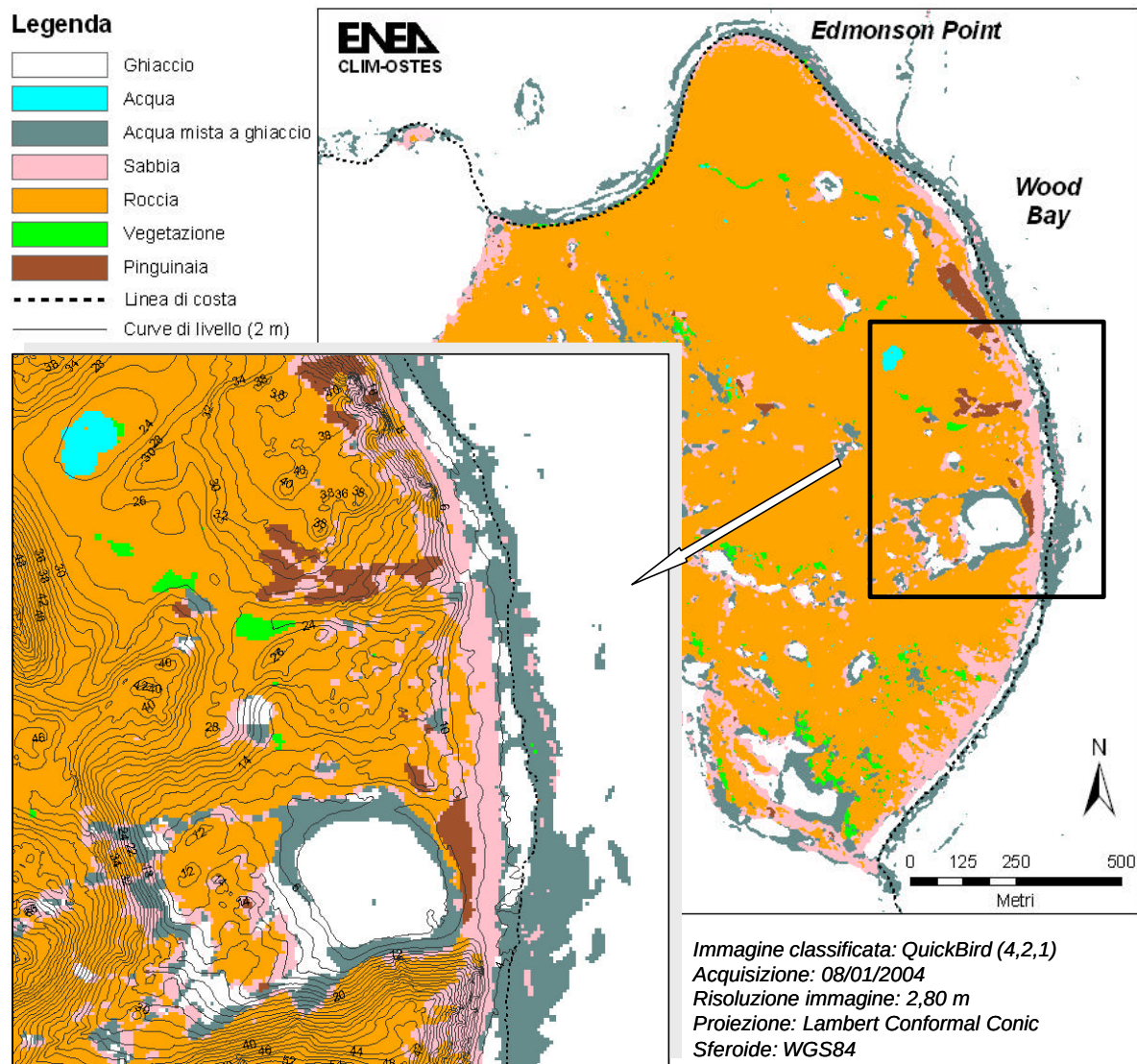


Figura 5 - Risultati della classificazione

4 Conclusioni

La possibilità di poter utilizzare immagini satellitari ad altissima risoluzione, con le loro potenzialità per il monitoraggio e l'analisi del territorio, ha fornito un importante supporto alla messa a punto delle metodologie qui descritte. Considerando, poi, la particolarità del territorio antartico, il loro impiego è particolarmente vantaggioso sia dal punto di vista economico sia da quello operativo. Le immagini satellitari, infatti, a differenza delle ortofoto prodotte tradizionalmente hanno un costo per chilometro quadrato più basso, permettono un monitoraggio con frequenza temporale maggiore e si prestano meglio ad elaborazioni di *image processing* finalizzate alla classificazione.

Nel caso specifico di *Edmonson Point*, le elaborazioni effettuate hanno consentito di individuare ed analizzare una serie importante di elementi che contribuiscono all'approfondita conoscenza del sito in oggetto, con dati assai aggiornati. Tutto ciò rappresenta la condizione necessaria sia per documentare con efficienza, giustificare e dettagliare la richiesta di inserimento di questa ristretta ed incontaminata porzione di territorio nel registro delle ASPA, sia l'opportunità di sperimentare e mettere a punto metodi di indagine territoriale indiretta, oltremodo importanti in territori di così difficile accessibilità e di così delicato equilibrio ambientale.

Si ringrazia, infine, l'Ing. Sandro Torcini dell'ENEA per la collaborazione offerta e le informazioni fornite sulle ASPA.