

INTRODUZIONE

Il presente lavoro è parte di un progetto europeo triennale, denominato TIDE (*Tidal Inlets Dynamics and Environment*), il cui scopo principale è lo sviluppo e la verifica di modelli che descrivano il comportamento delle zone umide esposte a flussi mareali, con particolare riguardo alle lagune. Il progetto è stato finanziato nell'ambito del V Programma Quadro, che implementa l'azione chiave "Ecosistemi marini sostenibili" all'interno del programma per lo Sviluppo Sostenibile, l'Energia e l'Ambiente.

I siti selezionati per il progetto sono l'estuario dell'Eden in Scozia, la baia di Morecambe in Inghilterra e la laguna di Venezia. Quest'ultima è al centro degli interessi scientifici per l'opportunità di studiare, oltre ad un ricco ambiente naturale, le interazioni tra questo e i diversi interessi (economici, sociali, culturali etc) legati alle varie attività antropiche che insistono sull'area.

Gli interventi dell'uomo, in concomitanza ai fenomeni naturali di subsidenza ed eustatismo, hanno notevolmente accelerato le trasformazioni ed hanno contribuito a modificare profondamente la morfologia e l'idrodinamica lagunare, producendo condizioni di fragilità e di rischio.

Il segno più evidente delle modifiche morfologiche è rappresentato dalla notevole riduzione delle superfici di *barena* (con alcune eccezioni a scala locale), che costituiscono la struttura più caratteristica della laguna. La sopravvivenza e l'evoluzione di tali biotopi è altamente sensibile alle variazioni che intervengono in tutta l'area lagunare, tanto che le barene possono essere considerate tra gli indicatori naturali più significativi dello stato di salute dell'intero sistema, rispondendo velocemente alle modificazioni dell'idrodinamica lagunare apportate dagli interventi antropici.

Le alofite oltre a delineare chiaramente i confini delle *barene* rispetto agli altri elementi del paesaggio lagunare, si dispongono sulle superfici barenali formando veri e propri mosaici di popolamenti omogenei (*zonazione delle alofite*), condizionati da microvariazioni ambientali che, come verificato nel presente studio ed in precedenti lavori riguardanti il settore, si possono riassumere nelle variazioni di quota del sito di insediamento.

Le macchie di vegetazione e le forme tipiche delle *barene* si possono quindi considerare sensibili alle variazioni e rappresentative di aree più vaste.

Il controllo periodico della vegetazione di *barena* attraverso l'analisi in campo delle specie vegetali e della loro distribuzione è però un compito gravoso per l'estensione delle superfici (decine di Km²) e per la difficoltà di accedere ai siti.

Inoltre i dinamismi che caratterizzano la morfologia dei suoli di *barena* e la fisiologia delle piante insediate richiedono ispezioni frequenti che solo i più recenti strumenti di misura installati su piattaforme aeree o satellitari permettono di realizzare.

Il presente lavoro parte dal presupposto che lo studio ed il monitoraggio dell'ambiente richiedono un approccio che consideri lo spazio ed il tempo come variabili indipendenti non disgiunte. Tale approccio trova nel telerilevamento lo strumento ideale in grado di garantire la necessaria sinotticità delle osservazioni, la non compromissione del fenomeno osservato, un'ampia gamma di sensori adatti allo studio in questione, e soprattutto la ripetibilità dell'indagine, indispensabile per gli

studi di carattere evolutivo.

L'abbassamento dei costi per il lancio e lo sviluppo di nuovi satelliti hanno aperto agli ambiti civili un mercato precedentemente dominato dalle esigenze militari e sperimentali. Le maggiori richieste di servizi in ambito civile riguardano la gestione delle risorse naturali (foreste, acque, zone agricole...), il controllo ambientale e la prevenzione e gestione dei disastri naturali (incendi, frane, terremoti...). L'elaborazione e l'analisi automatiche delle immagini telerilevate sono diventate un compito più facile e affidabile grazie anche al notevole miglioramento nelle prestazioni dei calcolatori.

Il telerilevamento opera con sensori che captano la radiazione elettromagnetica e la convertono in segnali elettrici interpretabili: l'energia elettromagnetica emessa o riflessa da ciascun elemento della superficie ripresa forma un'immagine i cui elementi (*pixel*) sono caratterizzati da valori discreti che vengono codificati in codice binario. Le immagini acquisite vanno incontro ad un primo processo di correzione allo scopo di renderle fra loro confrontabili, mentre le fasi successive mirano ad estrarre il contenuto informativo racchiuso nei dati raccolti, al fine di consentirne l'interpretazione e l'eventuale traduzione in rappresentazioni cartografiche utilizzabili, come sarà descritto nel capitolo 3.

Il *Remote Sensing* è infatti uno strumento operativo di analisi, che consente di individuare sul territorio aree con caratteristiche e distribuzione differenti; inoltre presenta il vantaggio di consentire rapidi aggiornamenti e rielaborazioni delle informazioni tradotte nelle mappe tematiche, in quanto le informazioni vengono conservate anche in formato digitale.

La scelta dei sensori per condurre le campagne di telerilevamento previste dal progetto TIDE è stata effettuata considerando le caratteristiche spettrali del bersaglio, le scale spaziali che caratterizzano il fenomeno da indagare, e la sua variabilità temporale. Queste necessità si sono tradotte in un sistema di osservazione di tipo integrato: a livello di rilievi remoti l'area di studio è stata ripresa dalla piattaforma satellitare QuickBird, che opera ad una distanza di 450 Km, da due sensori iperspettrali, il MIVIS (non considerato nel presente studio) e il CASI, aerotrasportati a circa 1000 m di quota, e da un sensore attivo, il Toposys LIDAR (processato dai partner inglesi e francesi del progetto); a livello di *proximal sensing* è stato utilizzato un pallone frenato ad elio munito di videocamera digitale, che permette l'osservazione continua delle strutture lagunari da una distanza che può variare tra 25 e 50 metri; a livello di maggior dettaglio si sono acquisite immagini delle *barene* mediante fotocamera digitale da un'altezza di 2.5 metri, e infine sono state eseguite delle misure con il radiometro portatile GER1500 dalla distanza di circa 1 metro, per l'acquisizione delle firme spettrali¹ della vegetazione.

In questo lavoro verranno discussi in particolare i risultati dell'elaborazione delle immagini Quikbird acquisite il 16 maggio 2002, 10 febbraio 2003, 25 luglio 2003, 10 ottobre 2003.

La scelta delle date è stata pianificata in modo da poter valutare le variazioni stagionali ed annuali, anche se le acquisizioni stagionali non si sono potute effettuare tutte nel corso dello stesso anno a causa delle variabili condizioni meteorologiche e del gran numero di richieste pervenute ai rivenditori delle immagini QuickBird.

¹Insieme di misurazioni quantitative, in una o più bande spettrali, necessarie e sufficienti a identificare una superficie o un oggetto.

L'elaborazione dei dati QuickBird non è servita solo a far emergere le opportunità date dal sensore nello studio delle aree umide in relazione a dati iperspettrali (capitolo 4), ma anche ad individuare una procedura per ottenere in modo relativamente semplice ed affidabile i cambiamenti in atto nelle *barene* (capitoli 5 e 6).

Sono state così necessarie abbondanti campagne di verifica sul campo (descritte nel capitolo 2) per raccogliere serie di dati con gli stessi attributi spaziali e temporali, acquisendo quindi informazioni per rendere più completo sotto ogni aspetto il monitoraggio della zona. Come le osservazioni remote anche le indagini in campo per la calibrazione delle immagini sono state condotte secondo il medesimo approccio integrato. In ogni sito si sono così registrati dati riguardo la quota del suolo, la copertura specifica, le caratteristiche spettrali, nonché foto digitali scattate a 2.5 m di altezza per definire pienamente la zona esplorata.

I risultati di tale lavoro sono serviti alla costruzione di un articolato *database* consultabile via internet (www.tideproject.org), che alla conclusione del progetto comprenderà le osservazioni remote ed in campo, le loro elaborazioni e modelli relativi ai tre siti di riferimento. Il *database* è stato realizzato per soddisfare le richieste e le necessità della comunità scientifica, nonché per supportare le decisioni a fondamento della politica gestionale delle aree umide.