

IL TELERILEVAMENTO PER L'OSSERVAZIONE DEL TERRITORIO DALLO SPAZIO (4-5)

Maurizio FEA, Associazione Geofisica Italiana (AGI), con la collaborazione di Alberto Baroni (SERC0). Immagini: cortesia della European Space Agency (ESA/ESRIN), della Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) e dell'US Geological Survey(USGS).

Danimarca e Svezia più vicine

Il quarto esempio di grandi opere costruite dall'uomo riguarda i 16 km di collegamento ferroviario e stradale europeo E20 tra le città di Copenaghen in Danimarca e Malmö in Svezia nello stretto di Øresund (in lingua danese, Øresund in svedese). Questa impressionante opera di ingegneria si compone di tre parti: la sezione occidentale, costruita sotto il livello del mare e che si struttura in cinque gallerie parallele per il traffico autostradale, ferroviario e di emergenza, la sezione orientale, che consiste in un ponte a campate lungo quasi 8 km con il traffico autostradale sovrapposto a quello ferroviario, e l'isola artificiale di Peberholm, lunga 4 km e dove è stata costruita la congiunzione tra il collegamento sottomarino e quello aereo del ponte. L'opera, inaugurata nel 2000, detiene vari record: tra gli altri quello di tunnel sottomarino più lungo al mondo e quello di ponte strallato più lungo d'Europa [cfr. Wikipedia]. Facendo riferimento, come sempre, alle brevi note pubblicate su questa Rivista nel 2004, il ponte di Øresund è qui illustrato attraverso l'analisi e l'interpretazione di immagini rilevate da satellite 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.

Lo Stretto e il Ponte di Øresund

L'osservazione dallo spazio di questo straordinario collegamento si limita alle parti che affiorano dal mare, vale a dire all'isola artificiale di Peberholm e al ponte di Øresund.

L'immagine multispettrale di copertina è stata rilevata dallo strumento VNIR-2 del satellite ALOS il 14 luglio 2010 ed è stata visualizzata in colori naturali (RGB 321); l'immagine non è stata georeferenziata, quindi per ottenere l'orientamento geografico vero occorrerebbe ruotarla di circa 10° in senso orario. L'osservazione da satellite nelle bande spettrali del Visibile illustra la geografia dei territori danese e svedese, sui quali si trovano le città di Copenaghen e Malmö, e dello stretto di Øresund che li separa. In Danimarca, il settore a Nord-Est della capitale appare il più boschivo: in alto a sinistra si nota il lago di Furesø e il grande quadrilatero del parco forestale di Jægersborg vicino alla costa. Il resto del lato sinistro dell'immagine è dominato dalla città di Copenaghen, della quale si osservano la struttura dell'edificato e dei canali nel centro urbano e nella periferia, così come le aree portuali nel suo settore nord-orientale e l'aeroporto internazionale nella parte sud-orientale.

La parte centrale dell'immagine illustra lo Stretto di Øresund, con al centro la verde isola di Saltholm. Al centro si osserva anche l'allungata isola artificiale di Peberholm, che sembra far terminare nel nulla, o meglio in mare il collegamento autoferrovioario proveniente dalla Svezia! In realtà, nella sua punta occidentale l'isola ha il ruolo vitale di collegare la via aerea del ponte con gli ingressi delle gallerie sottomarine verso la Danimarca.

Nel lato svedese a destra l'immagine illustra la città di Malmö al centro e le aree coltivate e i boschi nella parte settentrionale e le coltivazioni in quella meridionale.

È interessante verificare quanto sopra scritto tramite il telerilevamento nella banda spettrale dell'Infrarosso Vicino, visualizzando l'immagine di copertina in falsi colori e utilizzando il colore Rosso (R) dello schermo per l'intensità del segnale di questa banda (RGB 431) (Fig. 1). Il colore rosso conferma le aree vegetate e quello più vivo i boschi e le coltivazioni a foglia larga, mentre il colore ciano (assenza di rosso) indica le aree edificate, dove il ciano più scuro illustra le zone centrali delle città e le aree commerciali, mentre il ciano più chiaro è proprio delle periferie e quello un po' rosato delle zone residenziali: pertanto, si desume che nell'isola artificiale di Peberholm la vegetazione sia molto scarsa e del tutto assente in molte parti. Inoltre, confrontando il ciano azzurro/verde che appare sottocosta a Nord e a Sud di Malmö e a Sud-Est di Copenaghen con il colore verde chiaro biancastro degli stessi pixel nell'immagine in colori naturali, si deduce che lì il fondale riflette in parte la luce solare, quindi è basso, modellato dalle correnti e composto da dune sott'acqua.

Il prima e il dopo

L'impatto ambientale della costruzione di una grande opera è riconosciuto dal confronto tra le immagini rilevate prima dei lavori e quelle rilevate dopo. Nel caso in studio, lo stretto di Øresund e le terre limitrofe sono illustrate nell'immagine multispettrale rilevata dal Thematic Mapper (TM) di Landsat-5 il 15 maggio 1988 e visualizzata in colori naturali (RGB 321) (Fig. 2). Si nota subito l'assenza sia del ponte sia dell'isola artificiale, che sono invece ambedue presenti nell'immagine multispettrale rilevata dall'Operational Land Imager (OLI) di Landsat-8 il 4 maggio 2013 e visualizzata anch'essa in colori naturali (RGB 432) (Fig. 3).

Parchi eolici off-shore

L'analisi accurata dell'immagine di copertina rivela due insiemi di puntini bianchi, uno di forma più o meno triangolare e l'altro che si sviluppa lungo un arco: sono le immagini di due parchi eolici per la produzione di energia elettrica sfruttando l'energia del vento sulla superficie marina, e alcune fotografie del sito mostrano infatti che i puntini sono le pale eoliche costruite al largo della costa. Ingrandendo l'immagine di copertina, si riconosce che il parco a forma triangolare, che appare al largo della costa svedese a Sud di Malmö (Fig. 4), nel luglio del 2014 era costituito da 49 pale eoliche marine, mentre alla stessa data l'arco di puntini bianchi, che si può osservare al largo della costa a Nord di Copenaghen verso l'isolotto artificiale di Middelgrundten (Fig. 5), appare costituito da 20 pale eoliche. Le pale eoliche si distinguono dalle navi nell'immagine da satellite anche perché non presentano la classica scia generata dalla navigazione.

Osservando con i dati delle microonde radar

Si è già ricordato nei numeri precedenti che un'immagine rilevata nelle bande spettrali delle microonde fornisce, di giorno e di notte e anche con cielo coperto, informazioni sulla rugosità e sul grado di umidità della superficie osservata, nonché sulle situazioni di riflessione multipla da ostacoli naturali o artificiali. Inoltre, quando si desidera rivelare cambiamenti dell'ambiente nel tempo è utile produrre un'immagine multitemporale, vale a dire che si inviano ai canali elettronici dello schermo dati rilevati sulla stessa scena nella stessa banda spettrale (stessa lunghezza d'onda) ma a tempi diversi. In una multitemporale la visualizzazione RGB aiuta ad identificare gli oggetti che sono rimasti uguali (persistenza) perché appaiono di tonalità bianca (stessa quantità di Rosso, di Verde e di Blu), mentre oggetti che sono cambiati, quindi non sono presenti in tutte le immagini o assumono aspetto diverso tra l'una e l'altra, appaiono in colore in funzione dei colori assegnati alle varie date di passaggio orbitale. Nel caso di una multitemporale radar, le tonalità di grigio illustrano la persistenza, vale a dire l'assenza di cambiamenti, dal bianco che rappresenta un segnale di ritorno al satellite molto forte e sempre uguale (tipico della retro-riflessione multipla dovuta alle pareti di edifici) al nero che indica nessun segnale di ritorno al satellite in alcuno dei giorni

considerati (segno di superficie liscia con riflessione totale lontano dal radar come da una pista d'aeroporto o dal mare calmo). In questo contesto, una multitemporale radar è stata generata sull'area dello stretto con le immagini rilevate nelle microonde dallo strumento ASAR del satellite Envisat dell'ESA nelle date del 12 settembre 2010, 29 agosto 2004 e 6 dicembre 2009 e visualizzate rispettivamente nei tre canali dello schermo R, G e B (Fig. 6). Si notano subito sia il nero delle piste dell'aeroporto di Copenaghen a forma di croce sia il bianco dei centri urbani della stessa Copenaghen e di Malmö. Si conferma altresì l'analisi fatta sull'immagine ottica di copertina sulle aree coltivate a Nord e a Sud di Malmö, dove i colori diversi illustrano la variabilità stagionale delle coltivazioni; la stessa analisi vale per la superficie marina a rugosità diversa in ciascuna delle tre date d'acquisizione e, quindi, a diversa increspatura dovuta a venti di intensità differente nei tre giorni considerati. Nelle immagine radar del mare si notano anche le navi (pixel bianchi) e la loro scia (ad es. in basso al centro), così come sono visibili il ponte e l'isola artificiale.



Fig. 1 - Stessa immagine della copertina, ma visualizzata in falsi colori (RGB 431) (cortesia ESA e JAXA).



Fig. 2 - Immagine multispettrale rilevata dal TM di Landsat-5 il 15 maggio 1988 e visualizzata in colori naturali (RGB 321) (cortesia USGS).



Fig. 3 - Immagine multispettrale rilevata dall'OLI di Landsat-8 il 4 maggio 2013 e visualizzata in colori naturali (RGB 432) (cortesia ESA).



Fig. 4 - Ingrandimento dell'immagine multispettrale di copertina sulla zona (RGB 321) (cortesia ESA e JAXA).



Fig. 5 - Ingrandimento dell'immagine multispettrale di copertina sulla zona (RGB 321) (cortesia ESA e JAXA).

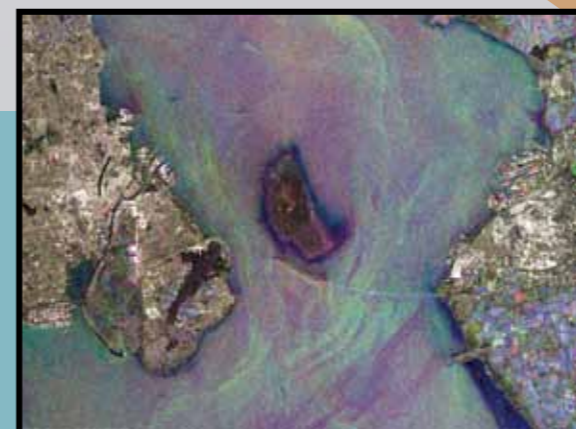


Fig. 6 - Immagine multitemporale radar rilevata nelle microonde dallo strumento ASAR del satellite Envisat dell'ESA (R 12 settembre 2010, G 29 agosto 2004, B 6 dicembre 2009) (cortesia ESA).