

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

Maurizio FEA, European Space Agency (ESA) - ESRIN, Frascati con la collaborazione di Alberto Baroni.

Berlino, una città dalla storia travagliata

La capitale della Germania si è sviluppata nella pianura di Brandeburgo, appena a Nord-Est del baricentro geografico dell'Europa. Attraverso le sue complesse e tragiche vicende storiche, la città di Berlino è un esempio di quanto la geografia umana sia profondamente condizionata dalla storia politica del territorio. Vari mondi, apparentemente diversi, a volte opposti, si sono succeduti nel tempo e in particolare nella seconda metà del secolo scorso, quando due di essi hanno addirittura convissuto affacciati uno all'altro, ma divisi all'interno della cinta urbana solo da un muro in mezzo ad una strada o ad una piazza, da un fiume o da un sentiero in un bosco. Ne sono stati influenzati tutti gli aspetti della vita della città, e naturalmente anche quello urbanistico. Purtroppo, le immagini dallo spazio che erano disponibili al pubblico durante i lunghi anni nei quali la città di Berlino era divisa in zona Est e zona Ovest non avevano ancora la risoluzione al suolo sufficientemente alta per evidenziare in modo chiaro la linea di demarcazione tra le due zone. In effetti, i primi satelliti commerciali ad altissima risoluzione sono stati messi in orbita soltanto quasi dieci anni dopo il *crollò* del tristemente famoso "muro di Berlino", avvenuto nel mese di novembre del 1989.

Facendo riferimento come sempre alle brevi note pubblicate su questa Rivista nel 2004, il territorio di questa città è qui illustrato attraverso immagini da satellite rilevate in diverse bande spettrali con i metodi tipici del telerilevamento, privilegiando le immagini rispetto al testo. I portali web dell'ESA (<www.esa.int>, <earth.esa.int>) e il sito web sviluppato dall'ESA per scopi educativi in sei lingue (<www.eduspace.esa.int>) offrono un utile e ricco complemento, così come i portali di altre istituzioni che lavorano nel campo dell'osservazione della Terra. Al succitato sito EDUSPACE, in particolare, si rimanda per gran parte dei dettagli, della metodologia e delle elaborazioni dei dati, che qui non è possibile approfondire.

La città di Berlino osservata dallo spazio

Le immagini di copertina illustrano l'estensione attuale dell'urbanizzazione di Berlino attraverso i dati rilevati il 6 luglio 2006 dal radiometro Thematic Mapper (TM) imbarcato sul satellite statunitense Landsat-5. Queste immagini sono state visualizzate in colori naturali e in falsi colori, rispettivamente. L'immagine visualizzata in colori quasi naturali (RGB 321) è stata generata elaborando i dati delle prime tre bande spettrali dello strumento TM. Tuttavia, a causa dell'inecchiamento dei sensori di Landsat-5, che fu lanciato nel lontano 1984, la qualità dei dati risulta degradata e i colori non appaiono più così *naturali*, come si può dedurre dal fatto che le tonalità del violetto dominano sulla zona urbana, invece del classico bianco-rosato. D'altronde, questo satellite è l'ultimo rimasto operativo della gloriosa serie che iniziò nel 1972 con il lancio di ERTS-1, poi ribattezzato Landsat-1. In questa immagine, rilevata in estate, appare subito evidente la via d'acqua del fiume Sprea, che taglia orizzontalmente la città, appena più in basso del centro dell'immagine: sulla destra verso oriente si trova il vasto specchio d'acqua del *Grosser Müggelsee* e sulla sinistra verso occidente sia il grande bosco di *Grünwald*, in direzione Ovest-Sud-Ovest rispetto al centro della città, che l'aeroporto internazionale di Tegel e il lago *Tegeler See* a Ovest-Nord-Ovest. Sono riconoscibili le grandi vie di comunicazione, così come i tanti corsi d'acqua, sia naturali che artificiali, tra i quali spicca ad esempio il lungo *Teltowkanal* che collega la Sprea all'altezza del *Grosser Müggelsee* ai laghi *Havel* e *Templiner See* a Sud-Ovest dell'immagine. Osservando questi ultimi, si può notare come dal diverso colore apparente dell'acqua si possano ottenere informazioni interessanti: infatti, un colore nero o molto scuro indica che l'acqua è abbastanza limpida e assorbe praticamente tutta la luce solare, mentre una tonalità turchese suggerisce l'abbondante presenza di alghe o sedimenti in sospensione che invece riflettono soprattutto le onde più corte, oppure un'acqua poco profonda che permette la riflessione della luce dal fondo. Nell'immagine di copertina in falso colore (RGB 431), l'informazione acquisita nella banda spettrale dell'infrarosso vicino è visualizzata nel canale rosso (R) dello schermo, quella acquisita nella banda del rosso nel canale verde (G) e quella acquisita alle lunghezze d'onda del blu nel canale blu (B). In tal modo, la vegetazione rigogliosa si riconosce dalle tonalità di colore rosso, in chiaro contrasto con le zone urbanizzate che appaiono invece di colore blu-turchese. Ad esempio, in questa immagine il famoso parco di *Tiergarten* nel cuore della città si riconosce subito come una macchia quasi rettangolare rossa, appena obliqua rispetto ad una linea orizzontale, a metà distanza tra gli aeroporti di *Tegel* a Nord-Ovest e dello storico *Tempelhof* a Sud-Est (rotonda area grigia quasi al centro dell'area urbana divenuta famosa come punto d'arrivo del ponte aereo dopo la costruzione del "Muro" nel 1961). Ciò conferma la grande utilità dell'informazione multispettrale per il riconoscimento degli oggetti attraverso le loro *firme spettrali*.

Curiosando più da vicino...

Per osservare più da vicino la città, è conveniente innanzitutto selezionare solo la parte centrale dell'immagine per poi ingrandirla, facendo quindi una "zoomata" sulla zona di interesse. Come già osservato sopra, la visualizzazione in falsi colori è molto efficace per individuare quante categorie di oggetti diversi sono presenti nell'immagine e poi provare a classificarle. Infatti, anche la Fig. 1 (RGB 742) offre un netto contrasto tra aree urbane e vegetazione: però, qui la vegetazione appare di colore verde perché la sua alta riflettanza nella banda dell'infrarosso vicino dà un segnale dominante che è stato inserito sullo schermo nel canale del verde (G), mentre le zone urbane appaiono in color magenta. Osservando il grande parco *Tiergarten*, in verde al centro della figura, si nota come esso sia attraversato latitudinalmente da una lunga linea di color magenta, sulla quale appare un minuscolo cerchio: sono,

rispettivamente, la lunga Via del 17 Giugno (l'antica *Unter den Linden*) e la piazza della *Grosser Stern*, al centro della quale si erge la *Siegerssäule*, la Colonna della Vittoria. Sulla destra, si distingue l'inizio della grande *Karl-Marx-Allee*.

Le immagini multitemporali ottenute dai dati telerilevati nella banda delle microonde da un sensore attivo quale un Radar a Sintesi d'Apertura (SAR) permettono di stimare quali oggetti hanno subito un cambiamento durante il periodo di rilevamento e quali no: i primi appaiono colorati, i secondi in diverse tonalità di grigio, tra bianco e nero. La Fig. 2 mostra un'immagine multitemporale elaborata dai dati del SAR di ERS-2 sull'area di Berlino: si riconosce subito la città dalle tonalità bianche o grigio-chiare dovute ai forti segnali retro-diffusi generati da riflessione multipla degli impulsi del radar sugli edifici e sulle strade. Le aree variamente colorate rappresentano zone coltivate, dove le eco delle coltivazioni cambiano infatti al variare delle stagioni. Invece, le aree grigie illustrano le zone boschive, in particolare la eco media degli impulsi del radar generata dalle chiome degli alberi. La Fig. 3 conferma quanto detto sopra sul parco del *Tiergarten*: il bosco al centro dell'immagine è attraversato da una lunga linea scura, sulla quale si trova un cerchio alla confluenza di altre linee, vale a dire la Via del 17 Giugno e la piazza della *Grosser Stern*! La Via del 17 Giugno esce dal parco sulla piazza della Porta di Brandeburgo, uno dei grandi simboli della riunificazione tedesca (identificata dal cerchietto rosso). Il *Reichstag* si trova a circa duecento metri a Nord, ma la sua eco radar si confonde con quella degli edifici vicini nella macchia bianca al bordo superiore del cerchio rosso.

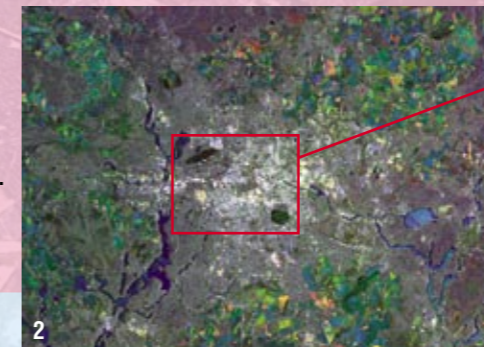
È importante ricordare che questi dati hanno una risoluzione geometrica di circa 30 m, quindi non serve fare "zoomate" eccessive, perché l'informazione ha quella risoluzione e quindi l'immagine diventerebbe granulosa e sfocata. Inoltre, queste immagini non sono state georeferenziate: se lo fossero state, sarebbero state ruotate di circa 10 gradi in senso orario e la Via del 17 Giugno sarebbe apparsa orizzontale lungo il parallelo.

Per saperne di più del centro di Berlino si deve allora usare un satellite ad altissima risoluzione. La Fig. 4 illustra l'immagine dell'area in studio rilevata dal satellite francese SPOT-5 a 2,5 m di risoluzione, e il particolare in Fig. 5 mostra chiaramente la piazza della Porta di Brandeburgo alla fine del *Tiergarten* e l'edificio del *Reichstag* duecento metri più a Nord, vicino all'ansa del fiume Sprea. Queste immagini parlano da sole, come quelle che si trovano, per esempio, sul sito web di Google Earth!

1. Immagine multispettrale del satellite Landsat-5 acquisita il 6 luglio 2006 e visualizzata in falsi colori (RGB 742).



2. Immagine multitemporale elaborata dai dati rilevati nella banda spettrale delle microonde dal radar SAR del satellite ERS-2 dell'ESA nel 2001 e nel 2002.



3. Particolare dell'immagine in microonde del SAR.



4. Immagine rilevata dal satellite francese SPOT-5 il 2 agosto 2002 (copyright CNES-SPOT IMAGES).

5. Particolare dell'immagine ottica rilevata da SPOT-5 (copyright CNES-SPOT IMAGES).

