

# **PRODUZIONE DI CARTOGRAFIA DI BASE DA IMMAGINI SATELLITARI NEI PAESI IN VIA DI SVILUPPO: PROGETTO DI UN ACQUEDOTTO NELL'AREA DI DAVAO (FILIPPINE)**

Luigi PEROTTI\*, Giancarlo BORTOLAMI\*\*, Stefano RUSSO\*, Bianca SAUDINO DUGHERA\*\*

\*Università degli Studi di Torino, Dip. di Scienze della Terra, GeoSITLab  
Via Valperga Caluso 35 10125 Torino – [luigi.perotti@unito.it](mailto:luigi.perotti@unito.it) – [stefano.russo@unito.it](mailto:stefano.russo@unito.it)

\*\*Studio Tecnico Associato Bortolami e Di Molfetta – Via Peano, 11 (Torino-Italia)

## **Riassunto**

Numerosi progetti di cooperazione internazionale stanno nascendo con l'intento di favorire lo sviluppo del cosiddetto "Terzo Mondo", diffondendo su piccola scala pratiche e tecniche geotecnologiche applicate soprattutto alla gestione delle acque, risorsa fondamentale e dalla delicata gestione. Molte di queste attività prevedono come dato di riferimento un adeguato supporto cartografico ad una scala grafica in grado di consentire una buona precisione di posizionamento idonea alle finalità progettuali. Frequentemente i prodotti cartografici in tali aree non sono disponibili, oppure sono caratterizzati da piccole scale nominali (inferiori a 1:50000) e da mancanza di aggiornamento. E' quindi necessario individuare una metodologia speditiva ed economica per l'aggiornamento di questa tipologia di dati o per la produzione ex-novo di supporti cartografici. In questo caso l'utilizzo di dati satellitari quali immagini pancromatiche e multispettrali e derivati quali DSM (*Digital Surface Model*) e DEM (*Digital Elevation Model*) viene in aiuto per la creazione di una cartografia di base sufficientemente accurata ed aggiornata.

## **Abstract**

Nowadays an enormous amount of international cooperation projects are being created in order to develop the so-called "Third World", elaborating at small scale, studies and geo-engineering techniques specially regarding their main and most delicate resource, the water. A lot of these activities foresee as reference a suitable cartographic support at an appropriate scale to allow a good data elaboration. Frequently the cartographic products in such areas are not available, or they are characterized by small nominal scales (lower than 1:50.000) and a lack of updating. Therefore, it is necessary to individualize a fast and cheap methodology for the updating of this type of data or for the elaboration of new cartography. In this case the use of satellite data, such as panchromatic and multispectral images and associated ones as DSM (*Digital Surface Model*) and DEM (*Digital Elevation Model*), comes in help for the creation of an accurate and adjourned base cartography.

## **Inquadramento geografico**

Il sito in oggetto è localizzato nell'isola di Mindanao (Filippine), in un'area di circa 18 ettari distribuita nel territorio di Buda, a una novantina di chilometri dal capoluogo Davao.

L'area dell'abitato di Buda corrisponde alla parte più depressa di un'immensa depressione di origine carsica di forma sub arrotondata, caratterizzata da un ripiano più o meno ondulato e attraversato dal Sinuda River, alla quota di circa 900 m s.l.m, dove sono presenti alcuni abitati minori, tra cui Buda. La depressione carsica risulta contornata da un versante piuttosto acclive che si eleva ben oltre quota 1000 m.

### Il progetto dell'acquedotto

Il gruppo di lavoro è impegnato in un progetto internazionale denominato “*Development, establishment and operation of Auxilium Village for Rehabilitation of the poor youth in Davao – Philippine*” promosso da un Padre Salesiano Italiano (Padre Franco Uras) che opera da anni nel territorio filippino; esso riguarda la realizzazione di un nuovo acquedotto che servirà la Buda Boys Town che sta nascendo nel territorio di Buda. La Buda Boys Town dovrà progressivamente ospitare qualche centinaio di ragazzi abbandonati (i cosiddetti “street’s children”), a partire dai 10 anni di età. Inoltre, nella stessa area è già stato realizzato un Ospedale, grazie ad un finanziamento del governo tedesco. Anche l’ospedale, al pari del Villaggio di Buda, sarà alimentato dal nuovo acquedotto in progetto. Per servire la Buda Boys Town e l’Ospedale con acqua potabile, a seguito di sopralluoghi sono state individuate tre sorgenti (Somalili Springs) idonee ad un utilizzo idropotabile. Le sorgenti sono situate a sud di Buda, ai piedi di una poderosa bastionata calcarea, ad una quota di 1020-1040 m s.l.m.. Si tratta di classiche sorgenti di origine carsica che fuoriescono direttamente dalla roccia. La portata minima stimata durante la stagione secca e quindi è di 5-7 litri/secondo. Nell’ipotesi di utilizzazione della risorsa idrica anche per la produzione di energia elettrica tramite posizionamento di una turbina, il nuovo impianto prevede la realizzazione di opere di captazione in corrispondenza delle sorgenti, di un serbatoio di monte realizzato nella zona delle sorgenti, di una condotta in pressione di circa 1600 m di lunghezza e di un serbatoio di valle realizzato nei pressi della città dei ragazzi. Nel rispetto delle principali norme ambientali, il nuovo acquedotto non presenterà impatti di alcun tipo: sotto l’aspetto della risorsa idrica, non si verificherà alcuna sottrazione di portata d’acqua per le utilizzazioni di valle; inoltre, sarà prevista una derivazione irrigua nella zona di captazione. Sotto il profilo paesaggistico le opere di captazione delle sorgenti



Figura 1- Area di studio



Figura 3 - Veduta dell'ospedale.

saranno realizzate al di sotto del piano campagna o semi-interrate e parzialmente coperte da terreno vegetale. La condotta di adduzione idrica sarà interrata su quasi tutto il tragitto. Infine, i serbatoi di monte e di valle saranno realizzati interrati o a ridosso di scarpate, e parzialmente ricoperti da terreno vegetale in modo da ridurre al minimo l’impatto visivo.

Fin dai primi sopralluoghi, finalizzati all’individuazione dei siti adeguati per le opere in progetto, è emersa la necessità di reperire una base cartografica, indispensabile sia per la realizzazione dell’acquedotto, sia per la pianificazione di tutte le strutture che sorgeranno all’interno

della Buda Boys Town. Allo stato attuale non esiste una cartografia nazionale ad una scala adeguata per questi scopi.

## Dati disponibili

Per sopperire alla mancanza di una cartografia e considerati i ridotti fondi a disposizione si è deciso di ricorrere all'utilizzo di dati digitali telerilevati. La loro elaborazione mediante le tecniche proprie della geomatica ha permesso di generare una completa cartografia di base.

### *Immagine Ikonos*

Per questo studio è stata utilizzata un'immagine Ikonos Standard Geometrically Corrected completa di una banda pancromatica alla risoluzione geometrica nominale di 1 m e di quattro bande multispettrali risoluzione geometrica nominale di 4 m. La scelta del prodotto "Standard" è stata dettata dalla disponibilità a catalogo e dal conseguente ridotto costo. Il prodotto Geo è georiferito nel sistema WGS84 e i processi di correzione geometrica hanno rimosso le distorsioni indotte dal sensore e ricampionato il pixel originale da 0.87 m, in maniera uniforme, alla risoluzione di 1 m per la banda pancromatica, e da 3.48 m a 4 m per le quattro bande multispettrali. Questo tipo di prodotto consente di acquistare una estensione ridotta dell'intera scena corrispondente all'area di studio. L'acquisizione è stata effettuata nel mese di marzo 2001 e la porzione di scena utilizzata presenta una dimensione di circa 8,5x6,5 km. Il prodotto Standard Geometrically Corrected ha una precisione di georeferenziazione dichiarata pari a 15 m CE90%.

### *Modello Digitale SRTM*

Per l'estrazione del DSM (Digital Surface Model) necessario alle operazioni di ortoproiezione si è pensato inizialmente di utilizzare una immagine ASTER Level 1B. Il sensore ASTER acquisisce immagini multispettrali, caratterizzate da una risoluzione geometrica variabile tra 15 e 90 m ed un range spettrale che varia da 0.556 a 11.32  $\mu\text{m}$ . Inoltre il particolare sensore ASTER è in grado di registrare lungo la traccia orbitale immagini stereoscopiche pancromatiche (bande 3N e 3B, con una risoluzione geometrica media pari a 15 m ed una lunghezza d'onda centrale di 0.804-0.807  $\mu\text{m}$ ) dalle quali è possibile estrarre un DSM con caratteristiche di precisione variabile tra i 5 (pianura) e i 25 m (zone accidentate). Sfortunatamente l'unica scena ASTER della zona di interesse disponibile nell'archivio NASA presentava una copertura nuvolosa sfavorevole, che ha reso il modello digitale da essa estraibile poco attendibile. In sostituzione è stato quindi necessario utilizzare il DEM SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*): si tratta di un modello digitale a copertura globale con risoluzione 3 secondi di arco (circa 90 m all'equatore), derivante da misure interferometriche radar eseguite dallo *Space Shuttle Endeavour* durante una missione della durata di 11 giorni nel febbraio del 2000. Esso garantisce una precisione altimetrica variabile in funzione della orografia della zona, ma che in generale si attesta su valori medi inferiori ai 10 m, con valori minimi di 1 m in pianura e massimi di 16 m in zone acclivi.

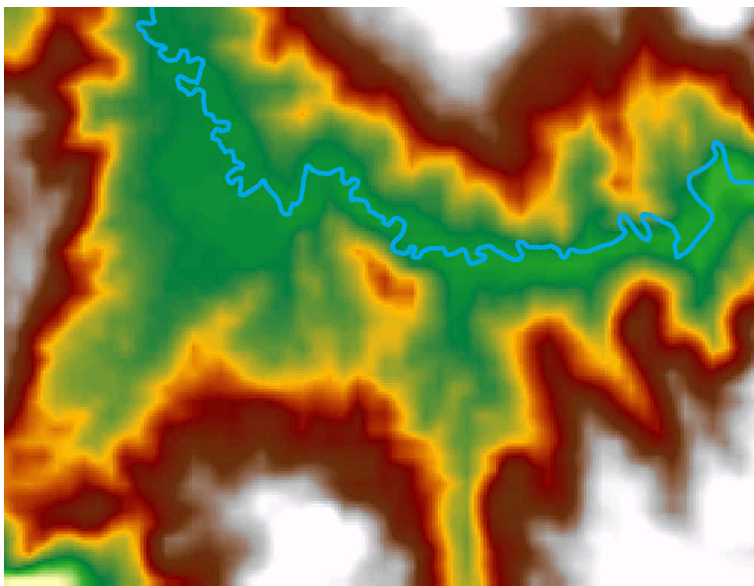


Figura 4 – DEM SRTM della zona di studio con sovrapposto il percorso del fiume Sinuda River.

### *Rilievo topografico*

Nel corso degli ultimi anni, nell'area oggetto del presente studio sono stati eseguiti diversi rilievi topografici tradizionali dal personale locale, utilizzando stazioni totali e livelli ottici. I vari elaborati prodotti sono stati integrati fino ad ottenere un unico rilievo dell'area con l'indicazione dei confini di proprietà, aree progettuali, zone edificate ed idrografia principale. Per alcune di queste zone è stato possibile ricavare anche l'altimetria, successivamente integrata con il dato SRTM. Una recente campagna GPS differenziale ha infine consentito di produrre un profilo altimetrico del tracciato dell'acquedotto in progetto.

### **Produzione cartografia di base**

L'operazione di ortoproiezione dell'immagine Ikonos è stata condotta utilizzando la procedura implementata nel software commerciale *ENVI 4.2*.

La migliore precisione planimetrica raggiungibile sulle ortofoto da satellite si ottiene privilegiando l'utilizzo di modelli rigorosi di sensore rispetto a modelli generici non rigorosi (es. *RFM*, *Rational Function Model*). Nel caso in oggetto è stato possibile sfruttare di un metafile associato all'immagine Ikonos contenente i parametri RPC (*Rational Polynomial Coefficient*) della presa.

La procedura rigorosa richiederebbe la collimazione di un sufficiente numero di punti di controllo a terra (GCPs – *Ground Control Points*) e l'utilizzo di un Modello di Elevazione del Terreno sufficientemente accurato. Nel nostro caso la fase relativa all'orientamento tramite GCPs è stata sostituita dalla procedura RPC, ed è stato utilizzato un DEM prodotto per integrazione del dato SRTM (passo 90 m) con il rilievo topografico di dettaglio (solo in alcune zone). Il DEM risultante a seguito di interpolazione Kriging dei due set di dati, presenta un passo finale di 50 m ed una precisione altimetrica riconducibile a quella del dato SRTM (anche più precisa in corrispondenza della zona del rilievo di dettaglio).

Per rendere l'accuratezza risultante dell'ortofoto generata riconducibile ad una cartografia alla grande scala, la porzione di immagine ortoproiettata relativa alla sola area di studio è stata successivamente georiferita sul rilievo topografico esistente, il quale garantisce una accuratezza almeno decimetrica. L'immagine risultante può considerarsi, con una buona approssimazione, una

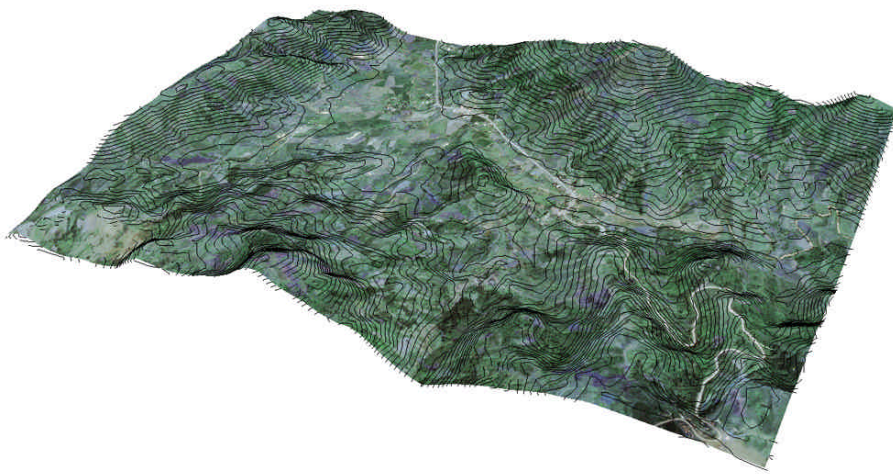


*Figura 5 - Vista tridimensionale della zona di studio ottenuta dalla sovrapposizione al DEM SRTM dell'immagine Ikonos ortorettificata (sintesi additiva a colori reali).*

cartografia di base alla scala 1:10000, anche se potenzialmente un approccio rigoroso avrebbe consentito di raggiungere la scala 1:5000.

Per svolgere l'opportuna pianificazione delle opere previste, oltre ad una planimetria di base ottenuta da ortofoto Ikonos, è stato necessario disporre di un adeguato modello altimetrico. Soprattutto per la pianificazione del tracciato dell'acquedotto è necessario che i dislivelli siano accurati. Per quanto riguarda il solo tracciato dell'acquedotto è stato possibile confrontare il dato altimetrico ottenuto dalla recente campagna GPS (accuratezza circa 50 cm) con il dato SRTM integrato con il rilievo topografico preesistente. È stato possibile pertanto, anche se localmente, misurare alcune differenze altimetriche puntuali lungo il tracciato dell'acquedotto in progetto. Dal confronto risulta che il dato SRTM, come atteso dai dati di bibliografia, presenta sistematissimi

ricorrenti, con basse differenze rispetto al rilievo GPS nelle zone più pianeggianti corrispondenti alla fine della tratta (circa 2 m), e valori via via crescenti lungo il saliente alla zona di presa (circa 15 m).

Ne risulta che l'utilizzo del dato altimetrico SRTM si dimostra adeguato per la pianificazione di massima delle opere in progetto nell'area, ma che per studi puntuali di carattere idrico-idrogeologico risulta non sufficientemente accurato.

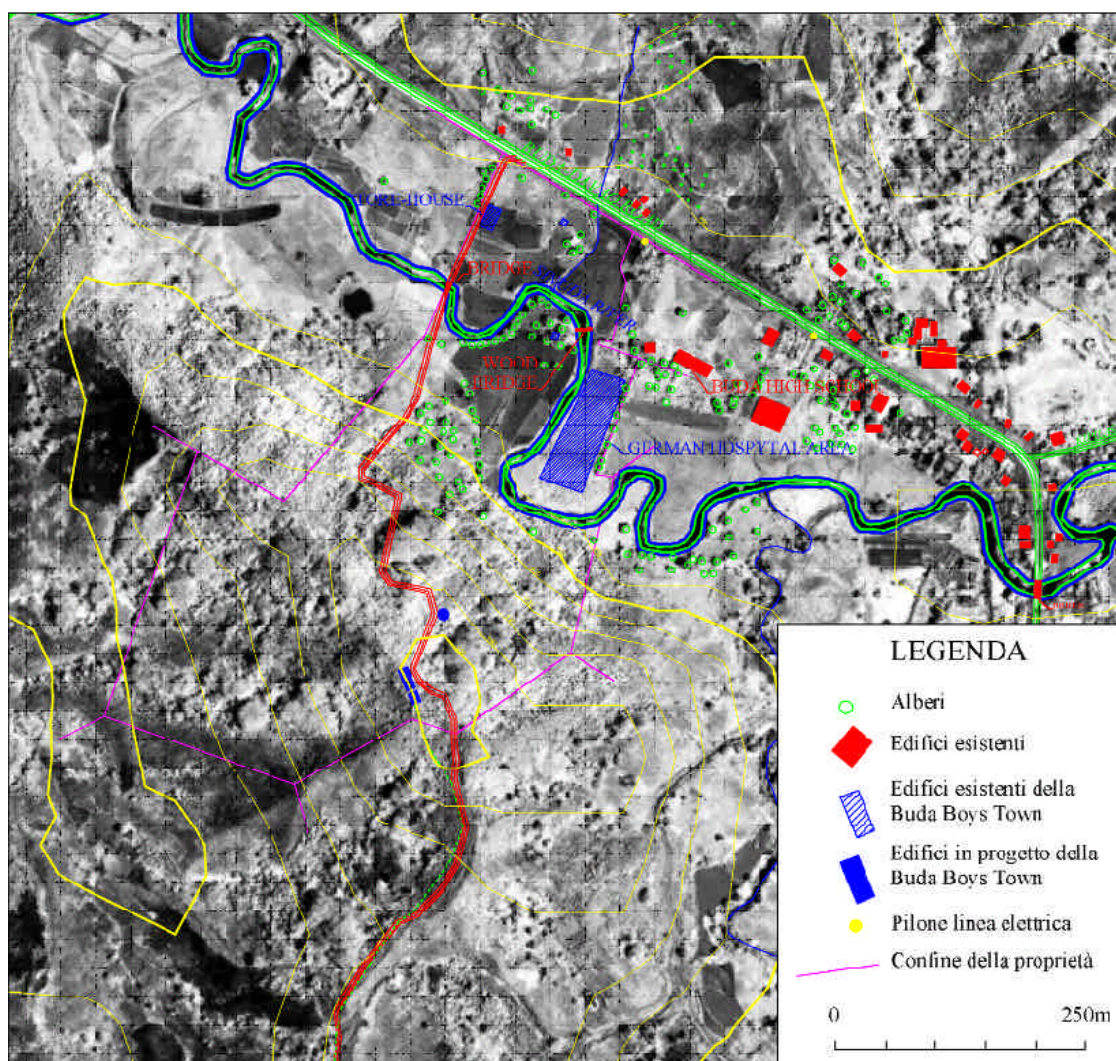


*Figura 6 - Base cartografica, derivante dalla ortoproiezione dell'immagine Ikonos, utilizzata per pianificare i nuovi interventi (in rosso il tracciato dell'acquedotto in progetto, in giallo le curve di livello ricavate dal DEM SRTM).*

## **Conclusioni**

Attualmente, grazie ai risultati raggiunti dal punto di vista topografico e progettuale è stato possibile pianificare ed iniziare a realizzare i primi interventi, fra cui: le strutture murarie dell'ospedale; n. 1 capannone per il ricovero di varie attrezzature per falegnameria, lavorazione ferro, ecc., dotato anche di area ufficio e servizi; n.3 tettoie in materiale ligneo per l'allevamento; n. 2 bacini idrici per l'orticoltura; serre ad uso orticolo; n. 1 ponte; opere di protezione spondale; la strada per il collegamento tra fondovalle e area sorgenti; ripulitura dell'area delle sorgenti propedeutica alle successive opere di captazione.

## **Bibliografia**

- Rodriguez E., Morris C.S., Belz J.E., Chapin E.C., Martin J.M., Daffer W., Hensley S. (2005), "An assessment of the SRTM topographic products", *Technical Report JPL D-31639*, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, 143 pp.
- Dial G., Grodecki J. (2003), "IKONOS Stereo Accuracy without Ground Control", *Proceedings of ASPRS 2003 Conference*, Anchorage, Alaska, May 5-9, 2003.
- Amato R., Dardanelli G., Emmolo D., Franco V., Lo Brutto M., Midulla P., Orlando P., Villa B. (2004), "Digital orthophotos at a scale of 1:5000 from high resolution satellite images", *ISPRS*.
- Boccardo P., Borgogno Mondino E., Giulio Tonolo F. (2003), "High resolution satellite images position accuracy tests", *IGARSS 2003*, Toulouse.