

N° 4
2009

Rivista bimestrale - anno 13 - Numero 4/09 - Speed in abb. postale 70% - Filiale di Roma

GEO MEDIA

Speciale H₂O

La prima rivista italiana di geomatica e geografia intelligente

► **ISMAR-CNR: un approccio a lungo termine
per la comprensione dei cambiamenti climatici**

► **Uso sostenibile delle risorse idriche con
dati telerilevati e software Open Source**

► **Modelli 1D/2D su base Lidar
del bacino del fiume Ofanto**

► **L'Istituto Idrografico
della Marina affronta il futuro**

► **Hinarche 2008: un rilievo
sul tetto del mondo**



Determinare le aree inondabili del fiume **Ofanto** per mezzo di un **modello idraulico** **1D/2D** su base **Lidar**

di **L. Romano, A. R. Di Santo e U. Fratino**

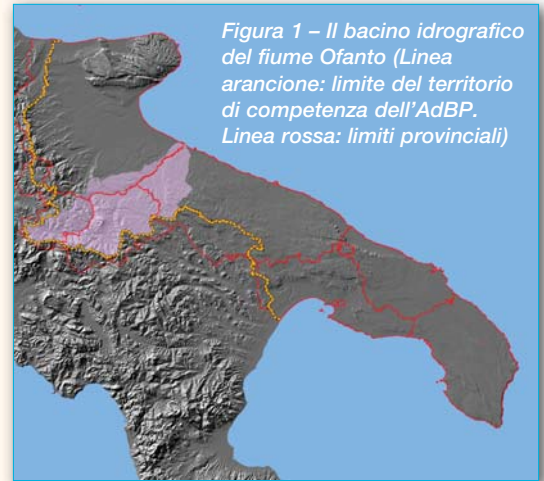


Figura 1 – Il bacino idrografico del fiume Ofanto (Linea arancione: limite del territorio di competenza dell'AdBP. Linea rossa: limiti provinciali)

I servizi nazionali per la gestione delle emergenze devono poter disporre di affidabili mappe tematiche delle zone a rischio che, a causa di un evento catastrofico, possono essere colpite. Il caso delle aree inondabili relazionate ai bacini idrografici dell'Ofanto qui proposto è uno dei tanti esempi ove la conoscenza puntuale dell'andamento altimetrico del terreno, realizzata con tecnologie di ultima generazione quale il Lidar, si rivela fondamentale.

Nell'ambito delle proprie attività istituzionali, tese al costante e periodico aggiornamento del Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) vigente nel territorio di competenza, l'Autorità di Bacino della Puglia (AdBP) ha in fase di completamento una complessa e articolata attività di studio; essa è finalizzata alla puntuale individuazione delle dinamiche connesse al transito di portate di piena con assegnato tempo di ritorno nel tratto terminale dell'asta principale del fiume Ofanto. Tale attività rappresenta un caso di sicuro interesse, in quanto impone l'utilizzo contestuale di moderne tecniche di analisi sia nella gestione del dato topografico, sia nell'utilizzo di codici idraulici a diversa complessità.

Il fiume Ofanto è uno dei più importanti corsi d'acqua del Mezzogiorno. Nasce in provincia di Avellino, nell'Altopiano Irpino, a 715 metri sul livello del mare, e scorre per circa 170km, per poi sfociare nel mare Adriatico al confine tra le province di Bari e Foggia. Lungo il suo tortuoso percorso, l'Ofanto raccoglie le acque di un bacino di circa 2790km², che si estende nei territori delle regioni Puglia, Basilicata e Campania (figura 1). Il suo regime fluviale è marcatamente torrentizio, e risulta caratterizzato da prolungati periodi di magra con portate pressoché nulle, anche se non è infrequente l'occorrenza di piene di rilevante entità ben documentate sin dall'antichità, come testimoniato dal testo di Orazio qui riportato.

*«Sic tauriformis voluitur Aufidus,
qui regna Dauni prae-fluit Apuli,
cum saeuit horrendamque cultis
diluuiem meditatatur agris,
ut barbarorum Claudius agmina
ferrata uasto diruit impetu»*

*«Così irrompe l'Ofanto tauriforme,
che attraversa i regni dell'Apulo Dauno,
quando inferocisce e trama un'orrenda alluvione
sui campi coltivati,
come Claudio abbatté con impeto tremendo
le schiere dei barbari coperte di ferro»*

(Orazio, *Carmen saeculare*, Liber IV Od. 14.v.25)

Il sistema informativo (SIVAPI) del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI-CNR) testimonia, infatti, nel periodo tra il 1920 e il 1970, l'occorrenza di diverse esondazioni del fiume Ofanto, che hanno provocato ingenti danni e pericolo per la collettività.

Il tratto fluviale esaminato nello studio è quello compreso tra il Ponte Romano in agro di Canosa di Puglia e la foce; lungo circa 36km, il tratto interessa i territori comunali di Canosa di Puglia, Barletta (in destra idraulica), Cerignola, Trinitapoli e Margherita di Savoia (in sinistra idraulica).

L'area direttamente connessa al tratto fluviale indagato ha un'estensione di circa 200km² ed è sede di un complesso sistema infrastrutturale ed agricolo, che ha determinato nel tempo una significativa alterazione del naturale assetto idraulico del territorio. Infatti, la valle bassa dell'Ofanto è stata interessata, sin dall'ottocento, da un'opera sistematica di regimazione delle acque tesa principalmente alla bonifica e al recupero agronomico dei territori contermini. Tra le opere di bonifica si segnala, in agro di Trinitapoli, la presenza del derivativo ofantino, realizzato nel 1845 per operare la bonifica per colmata del lago di Salpi. Altrettanto significativa è la presenza del canale deviatore del vallone Tittadegna, che convoglia nell'Ofanto, a circa 2km dalla foce, le acque di un bacino idrografico di circa 300km². A valle dell'antico Ponte Romano sono presenti gli attraversamenti di strategiche infrastrutture di trasporto, quali la Strada Provinciale n. 98, l'autostrada A14, la Strada Statale n. 16 bis, la linea ferroviaria Lecce-Bologna e la Strada Statale n. 16, mentre è rilevante notare che il tratto terminale del corso principale, attorno agli anni '80, è stato interessato dalla realizzazione di argini in terra battuta e difese spondali in blocchi di calcestruzzo.

In relazione a tali peculiarità fisiografiche ed ambientali, ne consegue che il modello idraulico da adottare deve essere in grado di rappresentare correttamente il moto all'interno degli argini o dei cigli di scarpata, il passaggio attraverso le luci dei ponti, la confluenza con il torrente Tittadegna, nonché l'esondazione nelle aree contermini, valutando contestualmente l'interferenza dei deflussi con i rilevati stradali e i canali ivi presenti.

Alla luce di ciò, si è scelto di operare la simulazione idrodinamica adottando una schematizzazione mista 1D/2D, con soluzione monodimensionale all'interno delle arginature – o, dove queste sono assenti, dei cigli di scarpata – e bidimensionale all'esterno di esse (figura 2), al fine di definire compiutamente i flussi idrici che si sviluppano nelle aree di indagine.

L'autorità di bacino della Puglia

La Regione Puglia ha istituito, in attuazione della Legge 18 maggio 1989 n. 183 e successive modificazioni e secondo la previsione dell'articolo 2, comma 1, della Legge 3 agosto 1998, n. 267, l'Autorità di Bacino della Puglia, con competenza sia sui sistemi idrografici regionali, così come definiti dalla delibera del Consiglio regionale n. 109 del 18 dicembre 1991, sia, per effetto delle intese sottoscritte con le Regioni Basilicata e Campania, approvate dal Consiglio regionale con provvedimento n. 110 del 18 dicembre 1999, sul bacino idrografico interregionale Ofanto. L'Autorità di Bacino della Puglia agisce in conformità agli obiettivi della legge 183/1989 e in particolare persegue il governo unitario e integrato dei bacini idrografici e delle risorse a essi collegate, indirizza, coordina e controlla le attività conoscitive di pianificazione, di programmazione e di attuazione per i singoli bacini idrografici regionali e per quello interregionale del fiume Ofanto.

A tale scopo, si è fatto ricorso ad un codice commerciale ed in particolare al modello di calcolo TUFLOW (*Two-dimensional Unsteady Flow*), distribuito dalla BMT WBM. I modelli monodimensionali studiano la propagazione dell'onda di piena in alvei di semplice conformazione, dove è possibile individuare una direzione dominante di deflusso, ovvero la direzione dell'asse del corso d'acqua, ed assumere una velocità costante all'interno della singola sezione trasversale. I modelli bidimensionali sono invece in grado di valutare le due componenti planimetriche della velocità e risultano quindi particolarmente idonei per descrivere comportamenti idrodinamici complessi in ambienti come aree costiere, estuari, fiumi, pianure alluvionali e aree urbane.

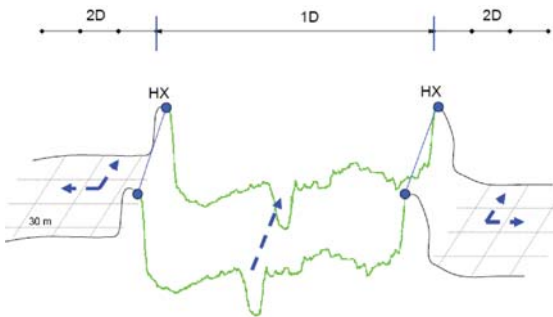


Figura 2 – Schema idrodinamico 1D/2D adottato.

Un requisito fondamentale per ottenere un'affidabile ed accurata modellazione idraulica è quello di disporre di un rilievo topografico di grande dettaglio, in quanto l'informazione altimetrica rappresenta la prima forzante nella definizione dei percorsi di flusso idrico a pelo libero. Per tale ragione, nell'ambito del Progetto PODIS del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, l'Autorità di Bacino della Puglia ha acquisito un rilievo LIDAR – eseguito dalla Compagnia Generale Ripresaere SpA (CGR) di Parma – su un'ampia fascia territoriale lungo il corso del fiume, sulla base del quale poi costruire il modello geometrico del terreno.

Il LIDAR (*Light Detection and Ranging*) è una tecnica di tele-rilevamento attivo per l'esecuzione di rilievi topografici ad alta risoluzione. Il rilievo viene effettuato con un mezzo aereo sul quale è installato un laser-scanner composto da trasmettitore (essenzialmente un laser), ricevitore (un telescopio) e sistema di acquisizione dati. La tecnologia è basata sull'invio di impulsi laser a terra e sulla registrazione di più risposte (multi-echo) appartenenti ad ogni singolo impulso, con la restituzione di una distribuzione di punti aventi coordinate sul piano (XY) e quota altimetrica (Z). Dalla nuvola di punti si ottengono, attraverso tecniche successive di filtraggio del dato, il modello digitale di

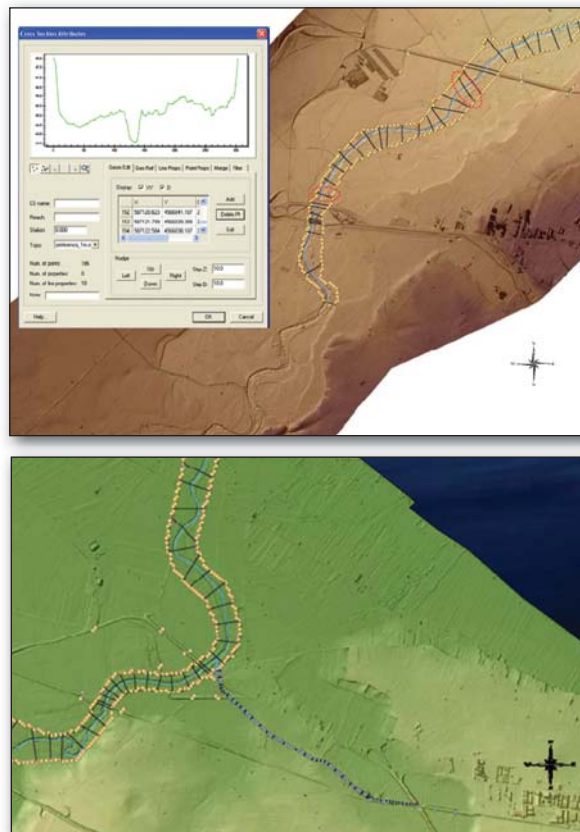


Figura 3a e 3b – DTM idraulico 1m x 1m generato da rilievo LIDAR. Sul DTM sono sovrapposti i layer GVS del modello idraulico TUFLOW, che riproducono le sezioni trasversali con modellazione monodimensionale e le celle di connessione 1D/2D (Figura 3a: particolare del DTM in agro di Cerignola e Canosa di Puglia all'altezza di Ponte Romano. Figura 3b: particolare del DTM in corrispondenza dell'area di confluenza del canale Tittadegna nel territorio comunale di Barletta).

superficie (*DSM, Digital Surface Model*) e il modello digitale del terreno (*DTM, Digital Elevation Model*), con maglia nel piano di dimensione 1m x 1m e precisione altimetrica inferiore a 0,1m.

In funzione delle esigenze computazionali, il DTM acquisito è stato successivamente ricampionato per rappresentare tridimensionalmente il dominio di calcolo 2D con una mesh quadrata di lato pari a 35m, mentre argini e rilevati stradali sono stati inseriti come *breaklines*, estruse sulla mesh. Il dominio monodimensionale è stato invece implementato attraverso sezioni ortogonali alla direzione preferenziale di deflusso lungo il corso del fiume Ofanto, del deviatore del Tittadegna, del derivativo e dei canali interpoderali. Sono stati rilevati a terra, inoltre, gli attraversamenti ubicati nell'area di indagine, come individuati tramite lettura del DTM e delle ortofoto ad alta risoluzione. Tutti gli attraversamenti sono stati quindi schematizzati come elementi monodimensionali ed opportunamente connessi al campo bidimensionale (figura 3a e 3b).

Il DSM invece è stato utilizzato per meglio definire l'indice di scabrezza, giocando tale parametro un ruolo chiave nella simulazione della propagazione dei deflussi. La scabrezza è infatti rappresentativa dei fattori che oppongono resistenza al moto – quali ostruzioni, irregolarità superficiali e vegetazione – e regola di conseguenza tiranti idrici e velocità di scorrimento idrico. A causa dell'impraticabilità su larga scala nel condurre misurazioni in campo di tale parametro, nonché a causa dell'assenza di dati utili alla calibrazione, all'indice di scabrezza devono essere necessariamente assegnati valori desunti dalla letteratura tecnica di settore. A tal fine si è fatto ricorso alle mappe digitalizzate di uso del suolo della nuova Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000 e all'elaborazione dei dati LIDAR, che consente di estrapolare informazioni puntuali sulla vegetazione, come ad esempio l'altezza delle piante (figura 4). Nel dominio di calcolo 2D si è quindi assegnato, cella per cella, un diverso indice di scabrezza, il cui valore può essere costante o funzione del tirante idrico. La simulazione idraulica in moto vario è stata condotta utilizzando come condizioni al contorno di monte gli idrogrammi di piena propri di eventi aventi diverso tempo di ritorno (30, 200 e 500 anni), come ricavati tramite analisi idrologica condotta sul bacino dell'Ofanto attraverso l'ausilio del software Hec-HMS dello *US Army Corps of Engineers*.

Figura 4 – Elaborazioni sui DTM e DSM 1m x 1m LIDAR. Un prodotto derivato dei dati LIDAR è il modello digitale della vegetazione, definito CHM (Canopy Height Model), che si ottiene dalla sottrazione del DTM dal DSM.

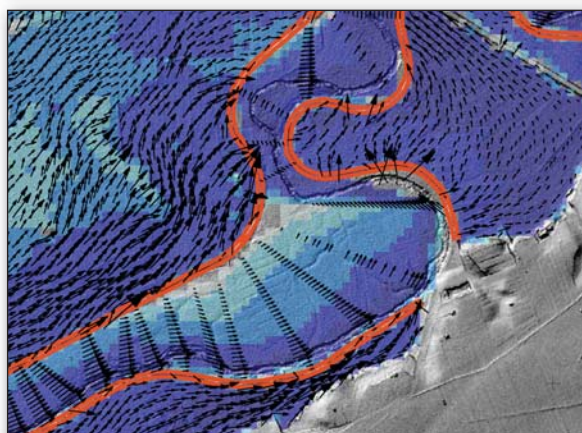
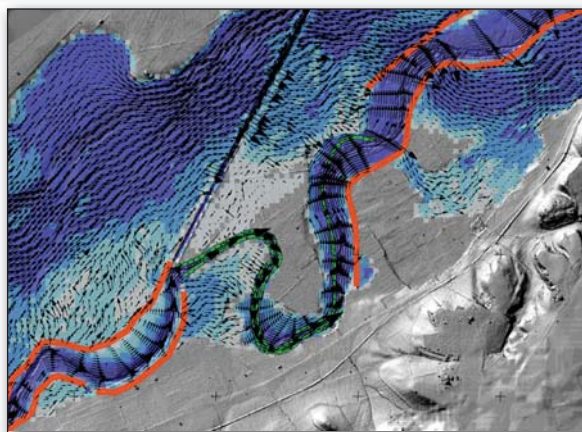
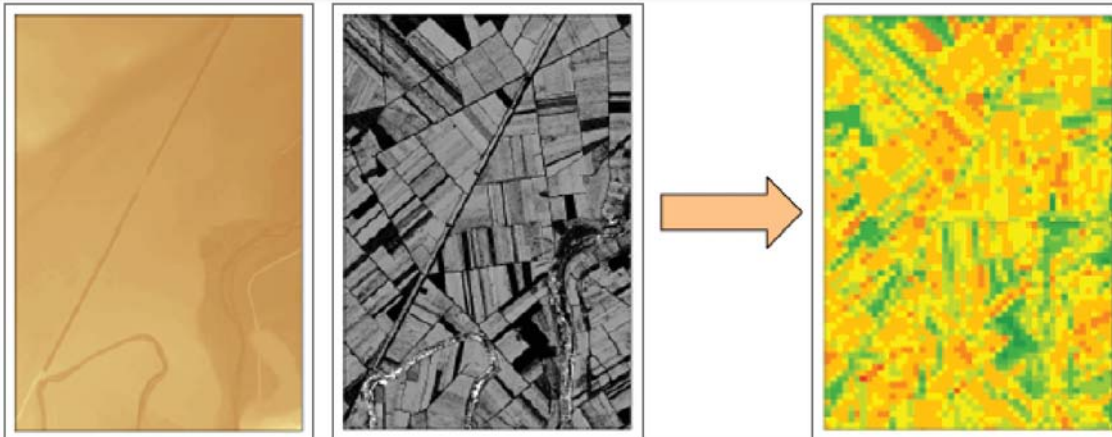


Figura 5a e 5b – Output della simulazione idraulica. La simulazione idraulica bidimensionale fornisce la rappresentazione vettoriale della velocità e la rappresentazione raster dei tiranti idraulici. (Figura 5a: innesto del derivativo ofantino. Figura 5b: area a monte della Strada Statale n. 16 bis).

Conclusioni

Il modello generato sviluppa appieno, quindi, gli obiettivi proposti, essendo in grado di riprodurre le dinamiche idrauliche di alluvionamento, ovvero la propagazione della piena all'interno degli argini e, al superamento della capacità di deflusso del corso d'acqua, l'esonazione nei territori limitrofi. Il modello idraulico 1D/2D è inoltre atto ad investigare differenti configurazioni come, ad esempio, quelle relative alla riduzione della scabrezza, indotta da interventi di manutenzione dell'alveo, o all'innalzamento degli argini. Risulta così possibile prevedere scenari di inondazione con prefissato tempo di ritorno, quantificando non solo l'estensione delle aree alluvionate, ma anche parametri idraulici rilevanti quali tiranti, velocità e durata del transito del deflusso (figura 5). Le informazioni che ne derivano sono strategiche per una corretta pianificazione territoriale, sia per la determinazione della pericolosità idraulica nella configurazione attuale, sia nella valutazione preventiva in merito all'efficacia di eventuali interventi di mitigazione del rischio. **G**

Abstract

Determination of Ofanto river flood risk areas through a 1D/2D Lidar hydraulic model

The national emergency management services should lean on flood risk areas thematic maps in order to manage an eventual catastrophic event. The article, focused on the Ofanto river hydrographic basins, is a clear example of how an accurate knowledge of the terrain, obtained through the latest technological instruments as Lidar, could be important in these situations.

Bibliografia

- Arcment G.J. Jr. & Schneider V.R. (1984), Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channel and floodplains, United States Geological Survey, Water-Supply Paper 2339
- Autorità di Bacino della Puglia (2005), Piano di Assetto Idrogeologico - Relazione di Piano, <<http://adb.puglia.it>>
- BMT WBM (2008), TUFLOW User Manual- GIS Based 2D/1D Hydrodynamic Modelling, < <http://www.tuflow.com>>
- Bradley J. N., FHWA, Bridge Division (1978) Hydraulics of bridge waterways, HDS1 FHWA
- Chow V.T., Open Channel Hydraulics -, McGraw-Hill, USA , ISBN 07-010776-9
- Claps P., Fiorentino M., Laio F. (2003), Scale di deflusso di piena di corsi d'acqua naturali, La difesa idraulica del territorio 2003, Trieste 10-12 settembre 2003
- Copertino V., Fiorentino M. (1994), Valutazione delle Piene in Puglia, La valutazione delle piene in Italia - Rapporto Nazionale di Sintesi, CNR-GNDICI
- French J.R. (2003), Airborne Lidar in support of geomorphological and hydraulic modelling, Earth Surface Processes and Landforms, 28 (3) pp 321-335.
- K. Zhao & S. Popescu, (2007), Hierarchical Watershed Segmentation of Canopy Height Model for Multi-Scale Forest Inventory, ISPRS Volume XXXVI, Part 3 / W52, 436-442
- Smith M.J., Asal F.F.F., Priestnall G. (2004), The use of photogrammetry and lidar for landscape roughness estimation in hydrodynamic studies, ISPRS, XXXB, part B3, pp. 714-719
- Syme W.J. (2001), TUFLOW - Two & Onedimensional unsteady flow Software for rivers, estuaries and coastal waters, IEAust Water Panel Seminar and Workshop on 2d Flood Modelling, Sydney, February 2001
- US Army Corp of Engineer (2002), Hec-Ras Hydraulic Reference Manual, <<http://www.usace.army.mil>>
- US Army Corps of Engineers (1995), Flow transitions in bridge backwater analysis, <<http://www.usace.army.mil>>

Autori

LIA ROMANO
ANTONIO ROSARIO DI SANTO
UMBERTO FRATINO

Autorità di Bacino della Puglia Dipartimento di Ingegneria delle Acque e Chimica del Politecnico di Bari

LIA.ROMANO@ADB.PUGLIA.IT



PROGETTI AMBIZIOSI?

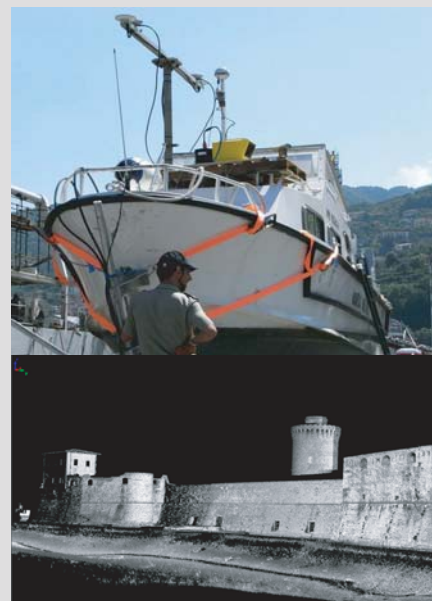
Dal 1973 Codevintec è partner dei più ambiziosi progetti scientifici e tecnologici italiani, e non solo. Lo scorso anno per esempio abbiamo:



...fornito strumentazione e tecnici per la scoperta del Lupercale, la grotta dove la Lupa allattò Romolo e Remo. Un ritrovamento che ha affascinato il mondo intero



...fornito il primo esemplare al mondo di Lynx, il Lidar studiato espressamente per il Mobile Mapping, per il quale Codevintec ha collaborato alla progettazione.



...sperimentato per la prima volta con l'Istituto Idrografico della Marina l'integrazione tra Multibeam, Lidar e GPS/INS per il rilievo delle coste, sopra e sotto il pelo d'acqua.



CODEVINTEC

tecnologie per le Scienze della Terra

E per quest'anno abbiamo anche noi progetti molto ambiziosi. Vogliamo parlare insieme dei vostri?

Visita il nostro sito all'indirizzo www.CODEVINTEC.it

