

# Sperimentazione di metodologie innovative per il monitoraggio delle variazioni morfologiche di tratti fluviali: il caso del torrente Orco

Giorgio LOLLINO, Marco BALDO, Daniele GIORDAN, Paolo ALLASIA

CNR – IRPI Strada delle Cacce, 73 – 10135 – Torino; E-Mail: [Giorgio.lollino@irpi.cnr.it](mailto:Giorgio.lollino@irpi.cnr.it)

## Riassunto

Lo studio classico dell'evoluzione dei corsi d'acqua prevede sia un'analisi storica dei tracciati anticamente percorsi dal fiume, sia l'analisi di sezioni topografiche ripetute nel tempo.

Il primo metodo offre la possibilità di ottenere delle informazioni di tipo areale ma con precisione non troppo elevate; il secondo, invece, permette di ottenere una precisione elevata sulla singola sezione, ma non fornisce dati diretti sul settore compreso tra le due sezioni adiacenti.

Per ovviare a tali inconvenienti sono in atto una serie di sperimentazioni finalizzate alla definizione di una metodologia d'indagine che, tramite l'utilizzo di rilievi LIDAR, possa fornire dati ad alta risoluzione su vasti settori.

La sperimentazione è stata avviata su un tratto del Torrente Orco (Provincia di Torino), utilizzando due rilevamenti LIDAR da piattaforma elitrasportata, realizzati ad un anno di distanza in periodi di magra.

I dati preliminari confermano la possibilità di ottenere indicazioni sulle variazioni volumetriche sui tratti di alveo non sommersi al momento del rilievo.

Se i risultati di tale sperimentazione verranno confermati, questa metodologia potrà essere applicata per ottenere su larga scala indicazioni sulle variazioni plano-altimetriche dell'alveo, sia in condizioni ordinarie che in seguito ad eventi alluvionali.

## Abstract

The classic evolution studies concerning river tracks are typically constituted by historical analysis of ancient tracks of riverbed and topographical sections repeated in time.

The first methodology offers the opportunity to obtain areal informations characterized by low precisions; the second provide high precision along the section but no data are extrapolable between two section. To fix this problem, new experimental methodologies based on airborne LIDAR surveys, are now in advanced phase of studying.

This methodology was applied in the Orco River reach (Municipal of Turin), using two LIDAR surveys spaced by a year.

## **Introduzione**

Nell'ambito di un progetto di ricerca che coinvolge il CNR IRPI di Torino e l'AIPO (Agenzia Interregionale per il PO) sono in fase di sperimentazione una serie di metodologie finalizzate alla definizione dell'evoluzione morfologica dei corsi d'acqua.

Per comprendere quale possa essere il *trend* evolutivo dei tratti di corsi d'acqua analizzati, sono stati eseguiti, sulle aree oggetto del progetto di ricerca, una serie di rilevamenti LIDAR da piattaforma elitrasportata della parte sub-aerea dell'alveo. Tali rilevamenti hanno consentito di ricavare dei modelli digitali del terreno che permettono una ricostruzione plano-altimetrica dell'andamento del corso d'acqua con un'elevatissima densità di punti (Wollard & Colby, 2002); nonché una copertura ortofotografica dell'intera zona rilevata. I dati ottenuti sono stati successivamente trattati utilizzando una metodologia sperimentale finalizzata alla determinazione delle variazioni morfologiche del corso d'acqua sia in termini plano –altimetrici che volumetrici (Cobby *et al.*, 2001).

## **Processo di comparazione**

Il processo comparativo attualmente in fase di sperimentazione, prevede il confronto tra due DTM rilevati al tempo  $T_0$  e  $T_1$ .

Tale modalità di analisi, deve tenere conto di una serie di problematiche emerse durante questa prima fase di sperimentazione: in primo luogo è necessario trattare preventivamente i dati grezzi per ottenere un prodotto non più affetto da errori di varia natura legati a: riflessioni multiple, compensazione della traiettoria di volo del sensore e alla presenza di echi di ritorno legati ad edifici e a copertura vegetativa classificati mediante le loro caratteristiche firme spettrali.

Ottenuto così un dato *ground* si procede ad una selezione dell'area da analizzare eliminando alcuni settori esterni non rappresentativi per concentrarsi sull'alveo del corso d'acqua.

Una volta ricavate le due superfici  $S_0$  e  $S_1$  è necessario portare a termine una fase di perimetrazione delle aree sommerse mediante l'interpretazione delle ortofoto: il dato laser è infatti presente anche su zone coperte dall'acqua, specialmente se interessate da ridotti battenti; in queste zone, tuttavia, tale dato non può essere considerato attendibile in quanto non rappresentativo di un dato di fondo alveo ma legato alla riflessione sul pelo libero e/o a materiale in sospensione.

Per procedere ad una comparazione attendibile, limitata esclusivamente ai settori emersi al momento del rilievo, si procede dunque al riconoscimento delle aree sommerse al tempo  $T_0$  e  $T_1$  ( $Rs_0$  e  $Rs_1$ ); ovviamente il settore di alveo che verrà successivamente confrontato deve risultare emerso sia al tempo  $T_0$  che  $T_1$ : per ottenere una risultante ( $Rs$ ) delle aree sommerse in almeno uno dei due momenti si procede ad una sommatoria di  $Rs_0+Rs_1$ . Successivamente, la superficie  $Rs$  viene sottratta alle nuvole di punti  $S_0$  e  $S_1$ . In questo modo si ottengono delle superfici depurate, pronte per effettuare l'analisi volumetrica mediante confronto tra le due superfici.

I software utilizzati, permettono infatti una comparazione di superfici tridimensionali in grado di restituire le differenze di volume presenti.

### **L'applicazione al torrente orco**

Tale metodologia è stata testata su un tratto del Torrente ORCO (Regione Piemonte) di lunghezza pari a 20 km. Come dati di partenza sono stati utilizzati due rilievi LIDAR effettuati nell'agosto 2003 e nel 2004 .

Nella figura 1 è possibile riconoscere come siano presenti dei dati LIDAR anche in zone sommerse (solitamente interessate da un limitato battente d'acqua).

Una volta depurato il dato di tutte le aree sommerse, si esegue un ricampionamento del dato stesso e la generazione di un grid regolare con maglia di 1 metro quadrato.

Il processo di comparazione permette la generazione di un ulteriore grid in cui viene tematizzata la variazione altimetrica generata sottraendo al dato del 2004 quello del 2003.

In questo modo è possibile ottenere una cartografia che identifica le variazioni morfologiche mediante scale cromatiche.

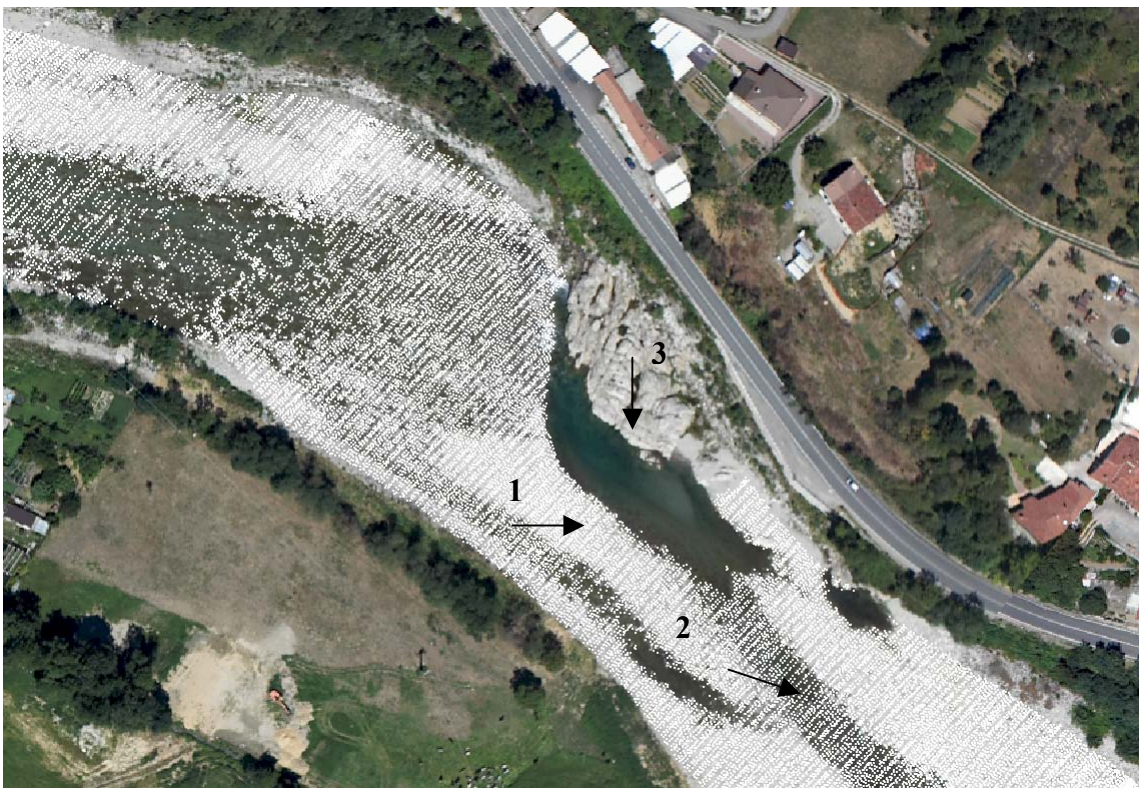
Una volta eseguita una comparazione preliminare delle due superfici, occorre necessariamente procedere ad un controllo dei dati ottenuti; tale analisi ha portato, nel caso dell'Orco, all'individuazione di una serie di differenze altimetriche apparenti, legate alle modalità di rilevamento del dato ed alle sue caratteristiche intrinseche.

Sono infatti stati riscontrati casi, soprattutto in concomitanza con vegetazione ad alto fusto o con gradini morfologici, in cui si assiste ad un elevato valore di differenza altimetrica non legato all'evoluzione morfologica del corso d'acqua, ma ad incertezze ricadenti all'interno delle tolleranze strumentali.

Analizzando tali dati è stato riscontrato come fosse necessario mettere a punto un processo di "depurazione" di alcuni settori fortemente affetti da tali incongruenze.

L'ultima fase prima del calcolo definitivo delle differenze volumetriche prevede dunque una fase di analisi, supportata dal dato visivo fornito dall'ortofoto, finalizzata all'individuazione delle aree che soddisfano i seguenti requisiti:

- non coperte da vegetazione ad alto fusto (in quanto fonte di errore e di perdita di qualità del dato laser)
- non interessate da brusche variazioni altimetriche (come, per esempio gli orli di terrazzo) che possono talora comportare la presenza di dati non corretti
- con un'elevata densità di punti caratterizzati da una differenza altimetrica superiore ai 10 cm.



*Fig. 1: particolare dell'area campione: la freccia n°1 indica la zona con dato laser (puntinato bianco) emersa, con la freccia n°2 quella con dato laser ma sommersa (con battente d'acqua ridotto), con la n°3 una zona con acqua profonda in cui non si ha dato laser.*

Lo studio dei dati del Torrente Orco ha infatti dimostrato come vi siano ampi settori rilevati con differenze altimetriche comprese nell'intervallo -10 cm, +10 cm; dal momento che tale differenza in quota può, almeno in parte, essere legata alla precisione strumentale (valutata appunto in  $\pm 10$  cm) si è ritenuto opportuno considerare tali settori come probabilmente non affetti da variazioni morfologiche significative, e dunque non soggetti al calcolo delle differenze volumetriche.

La metodologia messa a punto permette di valutare quantitativamente le variazioni volumetriche dei tratti di corso d'acqua che soddisfano i requisiti prima elencati (aree emerse durante tutti e due i rilievi LIDAR). È tuttavia necessario ribadire come il calcolo volumetrico non può discernere la variazione volumetrica imputabile alla dinamica propria del corso d'acqua da quella legata a modificazioni antropiche del corso d'acqua stesso. Durante l'analisi delle ortofoto (effettuato alla scala 1:1.500 circa) è infatti stato possibile individuare una serie di tratti di alveo interessati da lavori di varia natura.

I dati sin ora ottenuti dimostrano la validità della procedura messa a punto; va tuttavia sottolineato come il periodo temporale ridotto intercorso tra i due rilievi, caratterizzato anche dall'assenza di eventi significativi dal punto di vista del trasporto solido, non ha portato a variazioni significative.

Pertanto, le zone che hanno subito variazioni morfologiche quantificabili mediante tali rilievi risultano essere una percentuale ridotta rispetto all'area analizzata. I dati preliminari sono stati ottenuti su di un'area totale di 3459000 m<sup>2</sup>; di questi il 23% è stato preso in considerazione per il calcolo volumetrico che ha permesso di determinare un volume eroso pari a 153778 m<sup>3</sup> ed un volume depositato pari a 86483 m<sup>3</sup>

Oltre alle variazioni volumetriche di ridotta entità legate alla sua evoluzione naturale, la presenza nell'area indagata di un settore con significative variazioni altimetriche, legate alla rimozione artificiale di materiale dall'alveo, ha permesso di testare positivamente la validità della metodologia messa a punto consentendo un'accurata valutazione del volume asportato.

### **Considerazioni conclusive sulla metodologia utilizzata**

La metodologia sperimentale, attualmente in fase di messa a punto, permette di valutare quantitativamente le variazioni volumetriche dei tratti di corso d'acqua che soddisfano i requisiti prima descritti (aree emerse durante tutti e due i rilievi LIDAR). È tuttavia necessario sottolineare come il calcolo volumetrico non possa discernere tra le variazioni volumetriche imputabili alla dinamica propria del corso d'acqua rispetto a quelle legate a modificazioni antropiche del corso d'acqua stesso.

Dai dati sin ora ottenuti, emerge come la zonizzazione ricavata dal confronto tra i due rilievi LIDAR in base alle differenze di quota riscontrate, possa essere considerata un'efficace strumento per l'analisi, sia qualitativa che quantitativa, dell'evoluzione del corso d'acqua.

La possibilità, propria di tale metodologia, di definire in maniera univoca quali sono state le aree soggette ad una variazione morfologica nel periodo trascorso tra i due rilievi, permette infatti di evidenziare qual è il trend evolutivo del corso d'acqua nel periodo indagato (Thoma *et al.*, 2005).

Tuttavia, dato il carattere sperimentale di tale metodologia, in questo momento si ritiene ancora prematuro basare delle supposizioni sul trend evolutivo del Torrente Orco sulla base della comparazione tra due rilievi LIDAR spaziatamente di un solo anno.

Un lasso temporale maggiore potrebbe verosimilmente permettere di ottenere delle differenze morfologiche più marcate tra i rilievi LIDAR che, analizzati con la metodologia proposta, porterebbero ad ottenere dati con un margine d'incertezza minore (se la differenza altimetrica tra le due superfici si discosta in maniera considerevole dal margine d'incertezza strumentale, la precisione nella stima dei volumi aumenta).

In ogni caso, uno studio finalizzato all'evoluzione del corso d'acqua dovrà essere realizzato mediante la progettazione di un sistema informativo territoriale che permetta di valutare contemporaneamente i dati provenienti da fonti storiche ed i rilevamenti LIDAR; i dati storici permettono infatti di abbracciare un lasso temporale maggiore (seppur con una risoluzione decisamente inferiore), mentre l'esecuzione seriale di rilievi LIDAR consente la costituzione di una banca dati ad elevata risoluzione dei cambiamenti morfologici nel medio periodo.

D. P. Thoma, T. Satish, C. Guptab, E. Marvin Bauerc, C.E. Kirchoff (2005) "Airborne laser scanning for riverbank erosion assessment" *Remote Sensing of Environment*, Vol. 95, pp. 493–501.

D. M. Cobby,, D. C. Mason, Ian J. Davenport (2001) "Image processing of airborne scanning laser altimetry data for improved river flood modelling" *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, Vol. 56, pp. 121– 138.

J. W. Woolard, J. D. Colby (2002) "Spatial characterization, resolution, and volumetric change of coastal dunes using airborne LIDAR: Cape Hatteras, North Carolina" *Geomorphology*, Vol. 48, pp. 269–287.