

GIORGIO VALENTINO FEDERICI*

Monitoraggio e modellistica dei corsi d'acqua

INTRODUZIONE

Lo scorso anno abbiamo ricordato il cinquantenario dell'alluvione di Firenze e di gran parte della Toscana nel 1966 e il ventennale dell'alluvione della Versilia del 1996. Sono state occasioni importanti per valutare e riflettere sullo stato dei nostri corsi d'acqua e su quanto sia necessario fare per una svolta nella loro cura, sia in termini di misure fluviali che di progettazione di interventi di sistemazione che migliorino il loro stato, sia in riferimento ai paesaggi fluviali che al rispetto dell'acqua sia come pericolo che come risorsa. In particolare il bilancio della cura e degli interventi sull'Arno monte di Firenze si è rivelato molto carente.

In questo anniversario ci sono state però delle novità che si sono affiancate alle inevitabili e comunque doverose "celebrazioni".

Per la prima volta è stato costituito nell'ambito delle attività del Comitato Firenze 2016 un International Technical Scientific Committee (ITSC) (<http://toscana.firenze2016.it/>) per una valutazione indipendente del rischio idraulico di Firenze: il rapporto finale rileva come la città sia ancora più a rischio idraulico che nel 1966, a causa della maggior ricchezza e valore economico, a fronte di una pericolosità del fiume che non è sostanzialmente diminuita.

Nelle analisi degli ultimi anni è emerso chiaro come i nostri corsi d'acqua siano stati trascurati da numerosi punti di vista. In questa sede basta citare le carenze di monitoraggio delle portate idriche, dei sedimenti e della vegetazione che sono poco misurate, in particolare in riferimenti al trasposto solido e

* *Università degli Studi di Firenze; Università della Montagna, Edolo*



Fig. 1 *La sede del CERAFRI. A Retignano di Stazzema*

alle problematiche legate alla vegetazione. Mancano le scale di deflusso delle portate liquide e solide in gran parte dei corsi d'acqua in sezioni dove si prevedono interventi e la vegetazione a monte di Firenze si è molto sviluppata in alveo: una alluvione anche minore di quella del 1966 porterebbe alberi di dimensione notevole in grado di interagire pericolosamente con i ponti, in particolare con quelli di Firenze.

Il ITSC già nel suo primo rapporto nel 2014 aveva sottolineato la poca conoscenza in particolare dell'idraulica del tratto urbano di Firenze dell'Arno. Nel seguito si descrivono le attività di monitoraggio realizzate per cercare di colmare queste lacune.

Il CERAFRI ha condotto negli ultimi anni, su finanziamento della Regione Toscana, misure in alcuni corsi d'acqua e nel bacino del Versilia stazioni di misura sperimentali per la messa a punto di metodologie innovative di monitoraggio. Nel seguito si riferisce di alcuni di queste attività.

Solo sulla base di misure accurate e continuate nel tempo è possibile sviluppare una modellistica matematica che deve avere una base conoscitiva nella realtà che, se carente, rende poco affidabili i modelli di simulazione anche molto sofisticati oggi disponibili.

IL CERAFRI: MONITORAGGIO E RICERCA

Il CENTRO per la Ricerca e l'Alta Formazione per la prevenzione del Rischio Idrogeologico è una Società Consortile senza fini di lucro partecipata dall'Università degli Studi di Firenze e dal Comune di Stazzema (Lucca) con lo scopo di promuovere attività a carattere scientifico e formativo nel campo della prevenzione del rischio idrogeologico (www.ceragri.it; fig. 1).

Il CERAFRI sviluppa in collaborazione con gli altri Enti Territoriali (Autorità di Bacino, Enti Locali) e con i sistemi formativi e di ricerca pubblici e privati (Scuole, Università, CNR, ecc.) azioni e conoscenze mirate ad accrescere la cultura del rischio idrogeologico, la salvaguardia del territorio e la gestione sostenibile delle risorse idriche.

In questo contesto il CERAFRI ha avviato un'attività di monitoraggio e di ricerca documentata nel sito www.cerafri.it. In questa sede si accenna a due specifiche ricerche:

1) la realizzazione di una stazione di controllo e monitoraggio, che permette di verificare tramite l'acquisizione in continuo di immagini e di misure relative all'evento di piena, il reale funzionamento di campo delle briglie selettive;

2) l'implementazione di un "tratto attrezzato" che prevede l'allestimento di strumentazione di misura dei tiranti idrici in un tratto del torrente Vezza, nel bacino dell'Alta Versilia, per la stima della portata liquida mediante metodi indiretti.

LA BRIGLIA SELETTIVA DI CARDOSO

Con la stazione di monitoraggio alla briglia selettiva del torrente Cardoso (fig. 2), si intende valutare sul campo l'effettivo funzionamento di una briglia selettiva a fessura. In particolare vengono studiati alcuni aspetti rilevanti del comportamento di tale opera:

– l'influenza esercitata dal trasporto solido sull'opera in relazione alla formazione del deposito a monte dell'opera stessa e quindi alle variazioni dell'efficienza di laminazione durante il passaggio di un'onda di piena;

– gli effetti indotti dall'opera sul trasporto solido in relazione alla dinamica d'alveo del corso d'acqua nel tratto di interesse.

Le osservazioni acquisite permetteranno una migliore comprensione del fenomeno, utile nella pratica progettuale di tali opere.

MONITORAGGIO DELLE PORTATE DI PIENA.

STIMA INDIRETTA DELLA PORTATA LIQUIDA

I metodi indiretti per la stima della portata liquida, a differenza dei metodi tradizionali, consentono di valutare in tempo reale il valore di questa grandezza senza la necessità di effettuare misure di velocità in alveo, che normal-



Fig. 2 *La briglia selettiva di Cardoso*



Fig. 3 *Il tratto del torrente Vezza soggetto a monitoraggio*

mente risultano essere dispendiose quando non addirittura pericolose per gli operatori coinvolti.

Tra i numerosi metodi indiretti il metodo “slope-area” risulta essere uno fra i più affidabili e semplici da utilizzare, a condizione che il tratto interessato dall'applicazione del metodo presenti caratteristiche geometriche e idrauliche gradualmente variate.

Il metodo prevede la misura contemporanea dei tiranti idraulici in due sezioni ravvicinate, di cui si conosca la geometria. Basandosi sui valori di altezza d'acqua misurati e sulle caratteristiche geometriche e sedimentologiche del tratto in esame, la portata in transito viene valutata attraverso un procedimento iterativo, utilizzando le equazioni del moto della corrente liquida in condizioni di deflusso gradualmente variato.

Il tratto fluviale interessato dall'installazione dell'apparecchiatura sperimentale è ubicato sul torrente Vezza, immediatamente a valle dell'abitato di Ponte Stazzemesse (fig. 3).

Il tratto attrezzato è costituito da due stazioni di misura indipendenti, poste a una distanza reciproca di circa 200 metri. Ogni singola stazione di misura è costituita da un trasduttore di pressione, per la misura del tirante idrico, e da un datalogger, per la registrazione dei valori di altezza d'acqua misurati.

IL MONITORAGGIO DEL TRATTO URBANO DELL'ARNO A FIRENZE

A cinquant'anni dall'alluvione del 1966 nasce il *Progetto Firenze 2016* (www.firenze2016.it) con l'obiettivo di promuovere progetti, idee e nuove azioni per una efficace prevenzione e una crescita della cultura del rischio. Tra le numerose iniziative intraprese nell'ambito del *Progetto Firenze 2016*, particolare rilevanza riveste il *Piano di Monitoraggio del Fiume Arno* finalizzato alla realizzazione di rilievi e misure che consentano di accrescere la conoscenza del fiume per una prevenzione del rischio idraulico sempre più adeguata alle necessità della città di Firenze.

Appare infatti paradossale constatare che, dopo quasi 50 anni dall'alluvione del 1966, la conoscenza delle principali condizioni fisiche di uno dei più importanti fiumi italiani che attraversa il centro storico dichiarato Patrimonio dell'Umanità non è superiore a quella di tanti altri corsi d'acqua che viceversa rivestono un'importanza enormemente inferiore in termini di esposizione al rischio di alluvione della popolazione e dei beni storico-ambientali.

Il *Piano di Monitoraggio* consente l'acquisizione del livello basilare di conoscenza sul quale sviluppare, valutare e aggiornare gli strumenti di prevenzione riguardanti:

- l'affidabilità delle stime delle portate di piena che possono transitare nel tratto urbano in sicurezza, contenibili cioè all'interno delle spallette dei lungarni;
- la valutazione dell'efficacia degli interventi di riduzione del rischio, come per esempio il ribassamento delle platee dei ponti Vecchio e Santa Trinita, o la realizzazione di casse di espansione.
- la verifica di stabilità dei manufatti in alveo e delle opere storiche, come le fondazioni dei ponti, dei muraglioni di sponda, delle pescaie.
- il controllo dei fenomeni erosivi e di sovralluvionamento indotti dalla dinamica d'alveo;
- il fenomeno del trasporto solido al fondo e in sospensione.

A partire dal 2014 è stato avviato il monitoraggio del Fiume Arno nel tratto cittadino finalizzato a colmare, almeno in parte, le attuali lacune conoscitive. Le attività, finanziate dal Comune di Firenze, Publiacqua S.p.A, Autorità Idrica Toscana, CERAFRI-Università di Firenze, comprendono il rilievo tridimensionale ad alta risoluzione dell'alveo e delle strutture presenti, la misura delle portate liquide e solide e la caratterizzazione sedimentologica del materiale d'alveo.

I primi risultati del monitoraggio ne hanno già evidenziato l'importanza: le misure di portata hanno reso disponibili dati di piena del Fiume Arno in Firenze mai misurati in precedenza; il rilievo dell'alveo ha evidenziato criticità fino a oggi sconosciute tra le quali il preoccupante fenomeno erosivo della pila sinistra del ponte Amerigo Vespucci.

Nell'articolo 2016, Paris e altri si riassumono in modo completo le attività di monitoraggio già svolte e quelle in corso, i primi risultati ottenuti e le potenziali ricadute per lo sviluppo di efficaci strategie di prevenzione del rischio idraulico nella città di Firenze. In questa sede si riporta solo una immagine (fig. 4) delle criticità individuate nella pila di riva sinistra di ponte Vespucci.

I POLI DI INNOVAZIONE PER LA MONTAGNA TOSCANA

L'Università degli Studi di Firenze (UNIFI) partecipa dal 2010 al Progetto Università della Montagna, coordinato dalla sede di Edolo dell'Università degli Studi di Milano (UNIMI) e finanziata dal MIUR (<http://www.unimontagna.it/>). L'Università di Firenze ha contribuito al progetto attraverso il CERAFRI in particolare in riferimento alle problematiche del rischio idraulico in ambiente montano, sia per quanto riguarda la ricerca che per lo svolgimento di attività formative.

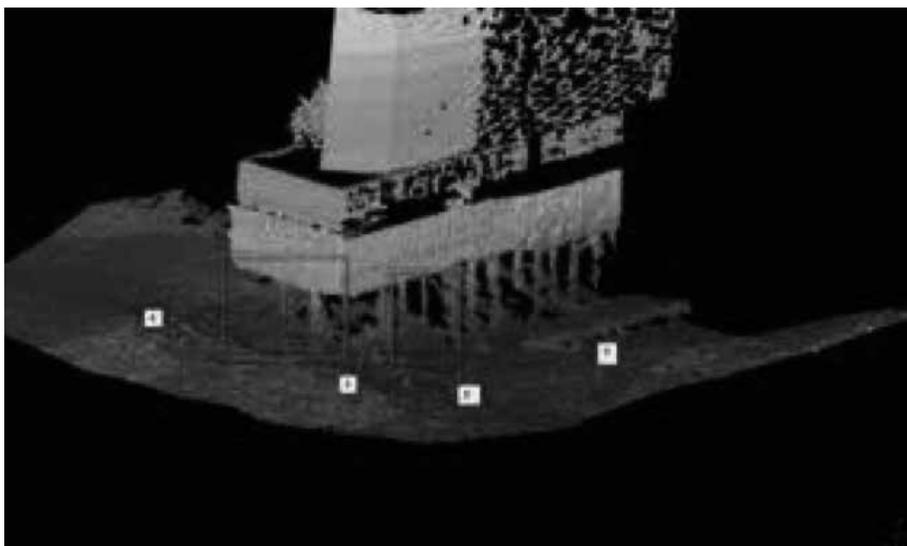


Fig. 4 Rilievo tridimensionale della pila sinistra del ponte Vespucci

È da segnalare in questa sede l'importanza delle metodologie di formazione a distanza che sono state messe a disposizione da UNIMI che da anni ha registrato tutti i seminari di aggiornamento culturale e professionale relativo a temi di interesse per lo sviluppo delle aree montane. Si tratta di un patrimonio che è disponibile gratuitamente in rete per chiunque voglia utilizzarlo e che indica una metodologia di formazione per il futuro: di qualità, federata fra le varie sedi universitarie associate, gratuita per tutti.

Dall'anno accademico 2012-2013 è iniziata la sperimentazione di attività didattiche in *blended learning*, a supporto dell'attività formativa in presenza nei percorsi universitari erogati presso la sede di Edolo. A oggi Unimont eroga corsi di formazione post-laurea, seminari e attività attraverso la sua aula virtuale. Questo consente di dare accesso ai contenuti anche a un pubblico in decentramento e di fornire lezioni di alto livello erogate da docenti che risiedono lontano da Edolo, in Italia o all'estero.

La piattaforma virtuale consente inoltre di trasferire le esperienze degli imprenditori e operatori attivi in montagna, condividere casi reali, mettere a sistema la conoscenza di esperti, professionisti, tecnici e interlocutori istituzionali che affrontano quotidianamente tematiche legate alla montagna. Le attività seminariali vengono registrate e rese disponibili per il successivo utilizzo *on demand* nell'apposita sezione del portale di Unimont.

A questa offerta formativa disponibile in rete potrebbero associarsi inter-

venti formativi in presenza finalizzati alle problematiche locali dei vari territori, nel quadro di una formazione mista distanza-presenza.

Sulla base di questa rete di collaborazione nazionale è possibile proporre uno sviluppo ulteriore in Toscana attraverso l'attivazione di una iniziativa che potremmo chiamare "Poli di Innovazione per la Montagna Toscana" dove svolgere attività formative e di comunicazione per le popolazioni e per i professionisti, orientate all'innovazione sulla base della condivisione delle esperienze dei vari territori facilitata dall'impiego delle tecnologie telematiche.

Oltre al polo in Versilia di Retignano di Stazzema, sede del CERAFRI, potrebbero partecipare alla rete toscana in vari territori del Casentino, del Mugello, dell'Amiata, della Montagna Pistoiese, della Garfagnana. In questa direzione il CERAFRI ha stipulato recentemente un Protocollo d'Intesa con il Comune di Pratovecchio – Stia, a cui partecipano altri enti e associazioni che collaboreranno per lo sviluppo di quell'area del Casentino.

RIASSUNTO

La conoscenza dei fenomeni di trasporto (idrico, dei sedimenti e della vegetazione) è essenziale per la prevenzione del rischio idrogeologico e la difesa integrale del territorio montano e delle coste.

Il CERAFRI s.c.r.l, società consortile dell'Università degli Studi di Firenze e del Comune di Stazzema costituita dopo la ricostruzione seguita all'alluvione della Versilia del 1966, opera da oltre 15 anni nella misura delle portate liquide e solide e nello studio di come la vegetazione interagisca nei fenomeni di trasporto nei corsi d'acqua. (www.cerafri.it).

Si descrivono delle stazioni di misura del CERAFRI in ambiente montano ed esempi di monitoraggio fluviale realizzati nei bacini dell'Arno, del Versilia e della Magra. In particolare si presentano le attività di monitoraggio dell'Arno nell'alveo urbano di Firenze.

Si riferisce infine dell'esperienza del CERAFRI e dell'Università degli Studi di Firenze nel progetto quinquennale (2010-2015) dell'Università della Montagna, coordinata dalla sede di Edolo dell'Università Statale di Milano. Sulla base di queste esperienze si propone la costituzione di una rete di Poli di Innovazione per la Montagna Toscana per la promozione dello sviluppo delle aree montane.

BIBLIOGRAFIA

- FEDERICI G. (2014): *La resilienza alle alluvioni*, «Progettando Ing.», IX (4), Edizioni Nerbini, pp. 5-13.
- PARIS E., FRANCALANCI S., SOLARI L., FEDERICI G.V. (2014): *Monitoring Sediment Transport During Floods in Tuscany*, Conference Paper, September 2014. Conference: IAEG XII.

PARIS E., FRANCALANCI S., DE CICCO P.N., SOLARI L., GONNELLI V. (2016): *La conoscenza per la prevenzione del rischio idraulico: il monitoraggio del Fiume Arno a 50 anni dall'alluvione del 1966*, «Bollettino degli Ingegneri della Toscana», n. 7.