

IL METODO SLOPE-AREA PER IL MONITORAGGIO IN CONTINUO DELLA PORTATA

Giovanni Ravazzani ^{1*}, Alessandro Ceppi ¹, Diego Curti ², Luca Galletti ², Stefania Meucci ² & Marco Mancini ¹

(1) Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Milano (Milano)

(2) Modellistica e Monitoraggio Idrologico srl (Milano)

*email: giovanni.ravazzani@polimi.it

ASPETTI CHIAVE

- La scala di deflusso richiede risorse per il suo aggiornamento mediante misure dirette di portata.
- Il metodo slope-area richiede un numero inferiore di misure di portata.
- Il metodo slope-area è stato applicato per la misura continua in una sezione del torrente Seveso.

1 INTRODUZIONE

Le misure di portata nei corsi d'acqua sono fondamentali in diversi ambiti di ricerca e applicazione come la valutazione della disponibilità idrica per il dimensionamento di traverse di derivazione e di impianti idroelettrici o per la calibrazione e validazione di modelli idrologici.

Esistono diversi metodi per la misura di portata, sia diretti che indiretti (Dobriyal *et al.*, 2017), ma il metodo maggiormente diffuso nelle applicazioni pratiche risulta essere quello basato sulla scala di deflusso (Di Baldassarre & Montanari, 2009). Secondo questo metodo, le misure di tirante idrico in una sezione vengono convertite nel corrispondente valore di portata transitante tramite una funzione precedentemente stimata in base ad una serie di misure di portata effettuate tramite metodi diretti. La corretta stima del valore di portata tramite la scala di deflusso dipende quindi dalla numerosità e bontà delle misure di portata disponibili. L'elevato impegno necessario per effettuare tali misure impedisce l'aggiornamento della scala di deflusso con la frequenza che sarebbe necessaria a limitare l'errore di stima della portata.

Un metodo alternativo per la misura di portata è quello basato sull'applicazione dell'equazione di Manning, denominato metodo slope-area, tramite il quale la misura del tirante idrico in due o più sezioni adiacenti insieme alla conoscenza della geometria del corso d'acqua e del coefficiente di scabrezza, permette una valutazione indiretta della portata transitante (Mosley & McKerchar, 1993). In passato si è ricorso a questo metodo per stimare il valore di portata di picco tramite le tracce lasciate dal transito della piena sulle sponde fluviali (Dalrymple & Benson, 1967). Recentemente il metodo è stato proposto per la misura continua di portata sfruttando le tecniche automatiche di misura di tirante idrico a basso costo oggi disponibili (Stewart *et al.*, 2012). La disponibilità di almeno una misura di portata condotta con metodi diretti permette di valutare il coefficiente di scabrezza. Uno dei vantaggi di questo metodo è dunque quello di richiedere un numero minore di misure dirette di portata rispetto a quello necessario per la definizione della scala di deflusso.

In questa memoria viene presentato il funzionamento del metodo ed un esempio di applicazione alla sezione di Bovisio Masciago sul torrente Seveso a nord di Milano.

2 IL METODO SLOPE-AREA

Il metodo slope-area per il calcolo della portata transitante in un corso d'acqua si basa sull'applicazione dell'equazione di Manning conoscendo il valore del coefficiente di scabrezza e avendo a disposizione la misura in continuo del tirante idrico in almeno due sezioni contigue di cui si conosca il rilievo geometrico. Il metodo può essere esteso anche al caso di disponibilità di misure in più di due sezioni.

La procedura di calcolo è costituita dai seguenti passi:

- 1) Calcolo della conveyance K_m e K_v rispettivamente della sezione di monte e di valle:

$$K_m = \left(\frac{1}{n}\right) A_m R_m^{2/3} \quad K_v = \left(\frac{1}{n}\right) A_v R_v^{2/3} \quad (1)$$

dove n, A, R sono rispettivamente il coefficiente di scabrezza di Manning, l'area bagnata e il raggio idraulico della sezione corrispondente.

2) Calcolo della conveyance del tratto d'alveo analizzato assunta pari alla media geometrica delle conveyance di monte e di valle:

$$K = (K_m K_v)^{1/2} \quad (2)$$

3) Calcolo in prima approssimazione della cadente idrica:

$$S = \frac{F}{L} \quad (3)$$

dove F rappresenta la differenza della misura di livello idrico nelle due sezioni ed L la distanza reciproca

4) Calcolo della portata di prima approssimazione:

$$Q = KS^{1/2} \quad (4)$$

5) Calcolo dell'altezza cinetica per la sezione di monte e di valle:

$$h_{c_m} = \frac{\alpha \left(\frac{Q}{A_m}\right)^2}{2g} \quad h_{c_v} = \frac{\alpha \left(\frac{Q}{A_v}\right)^2}{2g} \quad (5)$$

dove α è il coefficiente di Coriolis per le sezioni analizzate

6) Calcolo del valore aggiornato della cadente idrica:

$$S' = \frac{F + (h_{c_m} - h_{c_v})}{L} \quad (6)$$

7) Calcolo del valore aggiornato della portata:

$$Q' = KS'^{1/2} \quad (7)$$

8) Il calcolo viene ripetuto a partire dal punto 5 al punto 7; nel punto 5 viene implementato il valore della portata valutato al punto 7. La procedura termina quando la differenza tra due valori successivi di portata è trascurabile, in genere questo si ottiene con 3-5 iterazioni.

3 INSTALLAZIONE DELLE STAZIONI DI MISURA DEL LIVELLO IDRICO

Lungo il tratto del torrente Seveso all'interno del comune di Bovisio Masciago, a nord di Milano, sono stati installati due trasduttori di pressione piezoresistivi alloggiati all'interno di un cilindro metallico collocato sulla sponda del corso d'acqua in modo da essere protetti durante le piene (Figura 1). L'installazione è stata effettuata nella primavera del 2016 e gli strumenti sono operativi a partire dal mese di Giugno dello stesso anno.

Le sezioni scelte per l'ubicazione dei misuratori di livello sono ubicate in una porzione di fiume pressoché rettilinea, oggetto di un intervento di risistemazione idraulica avvenuto nel 2006 e costituita da sezioni di forma trapezia con fondo alveo e sponde rivestite in massi sormontate da prato e vegetazione arbustiva.

Oltre ad essere punti idonei per la misura e la stima della portata, poiché la distanza che intercorre tra le due sezioni di misura è sufficientemente lunga da consentire di misurare in modo accurato la cadente piezometrica nel tratto, essi sono facilmente accessibili per effettuare le operazioni di installazione, controllo e manutenzione della strumentazione.

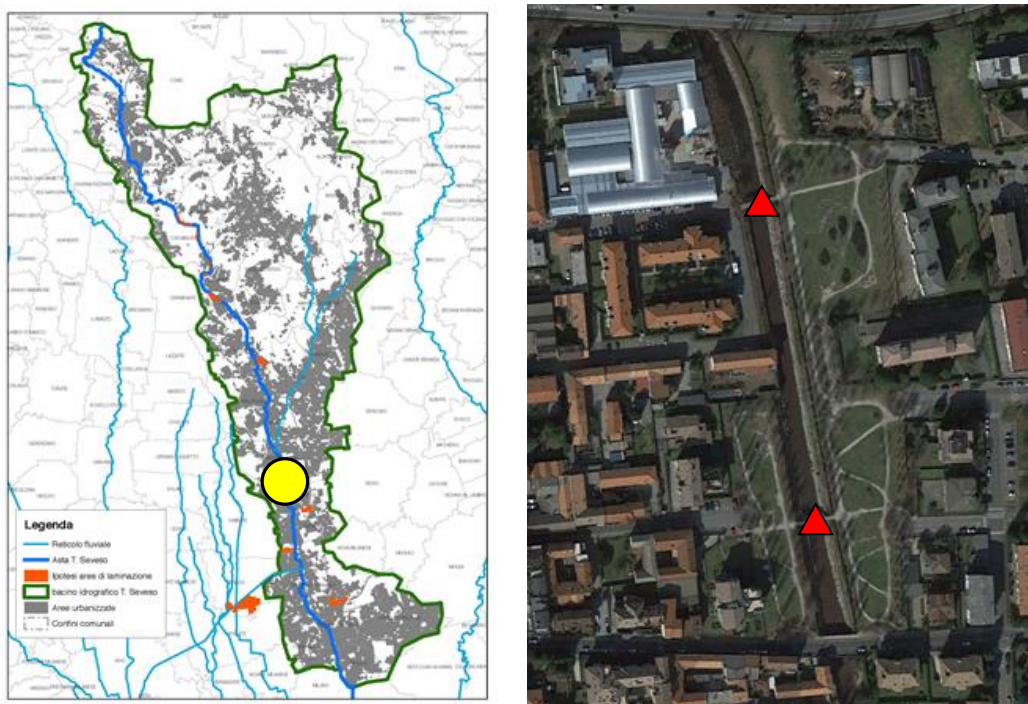


Figura 1. A sinistra il bacino idrografico del Torrente Seveso chiuso all'inizio del tratto coperto a nord di Milano (in giallo la zona interessata dal progetto di monitoraggio); a destra, foto aerea dell'area presso la quale sono stati installati i misuratori di livello (triangoli rossi).

4 CALIBRAZIONE DEL COEFFICIENTE DI SCABREZZA

Le misure di portata transiente nell'alveo del torrente Seveso, necessarie per definire il valore del coefficiente di scabrezza da assegnare all'alveo, sono state eseguite con lo strumento tipo area-velocity, che è in grado di misurare tirante idrico e velocità media della corrente lungo i diversi conci in cui viene suddivisa la sezione trasversale. Le misure di portata sono state eseguite in data 12/05/2016 e 14/06/2016 in cui sono risultate pari a $4.56 \text{ m}^3/\text{s}$ e $38.46 \text{ m}^3/\text{s}$, rispettivamente.

Il valore del coefficiente di scabrezza è stato assegnato calcolando i profili di moto permanente per le portate osservate, ed è stato assunto pari a $0.023 \text{ s/m}^{1/3}$. Tale valore meglio approssima le misure effettuate.

5 LA SERIE DI PORTATE MISURATE

Nella figura seguente (Figura 2) vengono riportate le misure di tirante e valore di portata calcolato con il metodo slope-area alla sezione di Bovio Masciogo nel periodo compreso tra il 15 Giugno 2016 ed il 17 Novembre 2016.

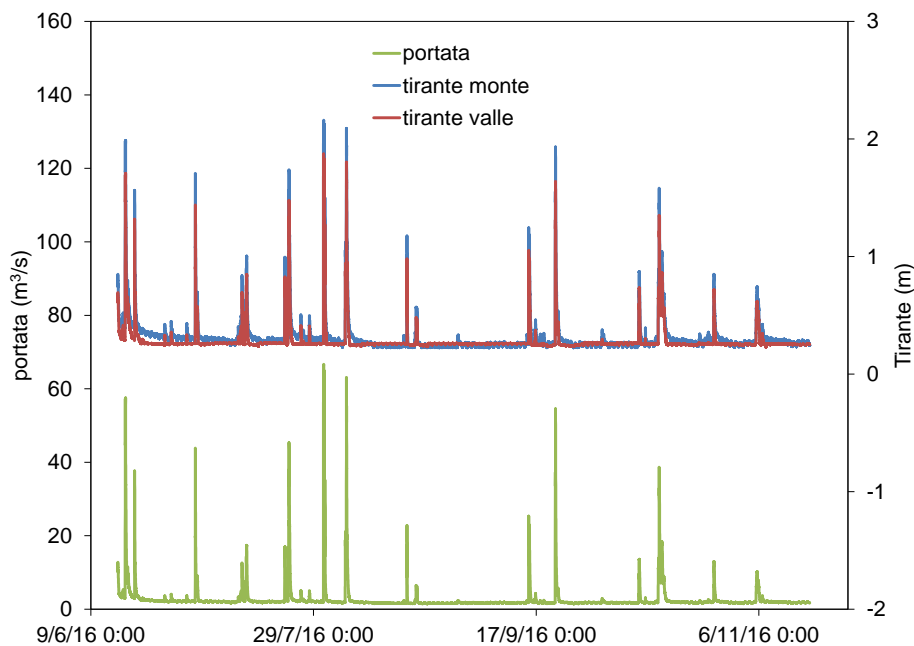


Figura 2. Misure di tirante e valore di portata calcolato con il metodo slope-area alla sezione di Bovisio Masciago nel periodo compreso tra il 15 Giugno 2016 ed il 17 Novembre 2016.

6 CONCLUSIONI

Il metodo slope-area permette di stimare in maniera indiretta il valore di portata transitante in un corso d'acqua a partire dalla misura di tirante idrico in due sezioni contigue, possibili anche attraverso strumenti relativamente poco costosi e affidabili per un funzionamento continuo nel tempo. Per la calibrazione del coefficiente di scabrezza è sufficiente disporre di poche misure di portata eseguite con un metodo diretto rendendo il metodo slope-area più conveniente rispetto al metodo della scala di deflusso che richiede un numero di misure significativo per la valutazione e l'aggiornamento della funzione che lega il tirante misurato in una sezione alla portata transitante.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Dalrymple, Tate, & Benson, M.A. Measurement of peak discharge by the slope-area method: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 3, chap. A2, 1967.
- Di Baldassarre, G. & Montanari, A. Uncertainty in river discharge observations: a quantitative analysis, *Hydrological and Earth System Sciences*, 2009, 13, 913-921.
- Dobriyal, P., Badola, R., Tuboi, C., & Hussain, S.A. A review of methods for monitoring streamflow for sustainable water resource management, *Applied Water Science*, 2017, 7, 2617–2628
- Mosley, M. P., & McKerchar, A. L. Streamflow. Chap. 8, *Handbook of hydrology*, D. R. Maidment, ed., McGraw-Hill, New York, 1993.
- Stewart, A.M., Callegary, J.B., Smith, C.F., Gupta, H.V., Leenhouts, J.M., Fritzinger, R.A. Use of the continuous slope-area method to estimate runoff in a network of ephemeral channels, southeast Arizona, USA. *Journal of Hydrology*, 472–473, 148-158, 2012. doi: 10.1016/j.jhydrol.2012.09.022