



Analisi della relazione fra velocità superficiale e velocità media lungo una verticale per l'ottimizzazione delle misure di portata con tecniche ottiche

Francesco Alongi¹, Dario Pumo¹, Carmelo Nasello¹, Leonardo Noto¹

(1) Dipartimento di Ingegneria (DI), Università degli studi di Palermo, Palermo.

Sommario

Il monitoraggio dei corsi d'acqua ha sperimentato negli ultimi decenni un forte impulso grazie allo sviluppo di tecniche non intrusive per la misura delle portate. Le tecniche ottiche, in particolare, consentono misure di portata anche in condizioni complesse, solitamente limitanti per le tecniche tradizionali. Le tecniche ottiche più conosciute e utilizzate sono la Large-Scale Particle Image Velocimetry (LS-PIV) e la Large-Scale Particle Tracking Velocimetry (LS-PTV). Entrambe si basano sull'elaborazione di immagini acquisite utilizzando dispositivi facilmente reperibili in commercio, poco costosi e di facile utilizzo, e permettono la ricostruzione dei campi di velocità superficiali del corso d'acqua in esame. L'elaborazione delle immagini avviene mediante software dedicati, spesso gratuiti e open-source, che applicano analisi di cross-correlazione atte ad identificare lo spostamento *frame-by-frame* di particelle traccianti. La portata può essere derivata applicando il classico metodo velocità-area, che richiede la derivazione della velocità media della corrente lungo diversi profili verticali, in cui viene suddiviso un transetto, e la conoscenza dell'area bagnata. La velocità media della corrente lungo il profilo verticale viene ricavata in genere a partire dalla velocità media superficiale, assumendo l'ipotesi semplificativa che tra la velocità media lungo la verticale e la velocità superficiale esista un rapporto costante (α), chiamato coefficiente di velocità, pari a 0,85 (WMO, 2008).

L'accuratezza delle tecniche ottiche nella stima delle portate è spesso influenzata dall'ipotesi semplificativa di assumere la velocità media della corrente lungo la verticale pari ad un'aliquota costante della velocità superficiale, rilevate in corrispondenza della stessa verticale. Il parametro α risulta infatti influenzato da un elevato numero di fattori e può variare in base alle caratteristiche idrauliche della corrente (ad es., la turbolenza), geometriche e di scabrezza del fondo e delle sponde, e in base al tirante e alla distanza dalle sponde della verticale stessa.

Il presente lavoro ha l'obiettivo di analizzare la variabilità di α rispetto ad alcuni dei fattori sopracitati, sfruttando un ampio dataset derivante da una campagna estensiva di misure correntometriche effettuata mediante un *Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)* nella regione Sicilia tra il 2020 e il 2023 su numerosi corsi d'acqua. Per alcune delle misure di portata effettuate, è stata applicata anche la tecnica LS-PIV, introducendo manualmente il tracciante e registrandone il movimento da postazione fissa o con drone (*Unmanned Aerial Vehicle – UAV*). La disponibilità di misure di velocità in profondità da ADCP ha quindi permesso di applicare tecniche di inferenza atte a caratterizzare la relazione esistente tra la velocità media lungo la verticale e quella superficiale, in corsi d'acqua caratterizzati da diverse condizioni idrauliche, ambientali e geometriche, e di derivare un metodo più accurato per la stima del coefficiente α per migliorare la stima delle portate a partire dalla conoscenza



del campo di moto superficiale. L'efficacia di tale metodo è stata favorevolmente testata utilizzando le misure mediante LS-PIV disponibili.

Bibliografia

- Costa, J. E., Spicer, K. R., Cheng, R. T., Haeni, F. P., Melcher, N. B., Thurman, E. M., ... & Keller, W. C. (2000). Measuring stream discharge by non-contact methods: A proof-of-concept experiment. *Geophysical Research Letters*, 27(4), 553-556.
- Chen, Y. C., Hsu, Y. C., & Zai, E. O. (2022). Streamflow Measurement Using Mean Surface Velocity. *Water*, 14(15), 2370.
- Despax, A., Le Coz, J., Hauet, A., Mueller, D. S., Engel, F. L., Blanquart, B., ... & Oberg, K. A. (2019). Decomposition of uncertainty sources in acoustic Doppler current profiler streamflow measurements using repeated measures experiments. *Water Resources Research*, 55(9), 7520-7540.
- Kim, D., & Yu, K. (2010). Uncertainty estimation of the ADCP velocity measurements from the moving vessel method, (I) development of the framework. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 14, 797-801.
- Hauet, A., Creutin, J.-D., Belleudy, P. (2008). Sensitivity study of large-scale particle image velocimetry measurement of river discharge using numerical simulation. *Journal of Hydrology* 349, 178–190.
- Hauet, A., Morlot, T., & Daubagnan, L. (2018). Velocity profile and depth-averaged to surface velocity in natural streams: A review over a large sample of rivers. In *E3s web of conferences* (Vol. 40, p. 06015). EDP Sciences.
- Muste, M., Yu, K., & Spasojevic, M. (2004). Practical aspects of ADCP data use for quantification of mean river flow characteristics; part I: moving-vessel measurements. *Flow measurement and instrumentation*, 15(1), 1-16.
- Pumo, D., Alongi, F., Ciruolo, G., & Noto, L. V. (2021). Optical methods for river monitoring: A simulation-based approach to explore optimal experimental setup for LSPIV. *Water*, 13(3), 247.
- Welber, M., Le Coz, J., Laronne, J. B., Zolezzi, G., Zamler, D., Dramais, G., ... & Salvaro, M. (2016). Field assessment of noncontact stream gauging using portable surface velocity radars (SVR). *Water Resources Research*, 52(2), 1108-1126.
- World Meteorological Organization (Ed.), 2008. Guide to hydrological practices, 6th ed. ed, WMO. WMO, Geneva, Switzerland.