

HIDROLOŠKO-GEODETSKA MJERENJA NA VODOTOCIMA ZA POTREBE MODELIRANJA TEČENJA – PRIMJER RIJEKE BEDNJE

BOJAN ĐURIN¹, VLADO CETL², NIKOLA KRANJČIĆ², HRVOJE MATIJEVIĆ²

¹ Sveučilište Sjever, Odjel za graditeljstvo, Varaždin, Hrvatska

² Sveučilište Sjever, Odjel za geodeziju i geomatiku, Varaždin, Hrvatska

Sažetak

Rad prikazuje primjenu hidroloških i geodetskih mjerenja s ciljem dobivanja ulaznih podataka za modeliranje odnosno dimenzioniranje različitih hidrotehničkih građevina. Sustavi za zaštitu od poplava, regulacijske građevine, zaštita okoliša, navodnjavanje i slično su samo neki primjeri za koje su prostorni i hidrološki podaci neophodni. Prikazana terenska istraživanja provedena su na rijeci Bednji u blizini mjesta Lovrentovec. Tijekom mjerenja kod hidroloških mjerenja korišteni su ultrazvučni mjerač protoka (ADV), hidrometrijsko krilo te mobilni uređaj. Kod geodetskih mjerenja korištena je totalna stanica, Globalni navigacijski satelitski sustav (GNSS) uređaj i bespilotna letjelica (dron). Daljnja obrada rezultata mjerenja ovisi i o softverskim alatima koji su na raspolaganju.

Ključne riječi

hidrologija, geodezija, Bednja, obrada podataka, građevine.

1 Uvod

Pouzđano i kvalitetno modeliranje vodotoka od iznimne je važnosti za različite vodnogospodarske svrhe. Modeliranje geometrijske karakteristike vodotoka, površina sliva te općenito 2D i 3D obrada mjerenih podataka zadaća je geodetske struke. S druge strane, hidrološko-hidraulički podaci dobivaju se hidrometrijskim mjerenjima i obradom izmjerenih podataka. Cjelovita slika, odnosno opis vodotoka dobiva zajedničkim radom građevinske (hidrotehničke) i geodetske struke (Alatas et al, 2015., Đurin et al, 2024.). Istraživanje se provodilo na rijeci Bednji, na području u blizini mjesta Lovrentovec nedaleko od Varaždina, unutar vremenskog razdoblja od 2024. do 2025. godine. Uz prikaz mjernih uređaja i postupaka mjerenja, prikazani su i dobiveni rezultati.

2 Metode

Tijekom hidrometrijskih mjerenja korišten je ultrazvučni mjerač protoka (ADV) (Slika 1) i hidrometrijsko krilo te mobilni uređaj. ADV uređaj služi za mjerenje brzine tečenja vode, odnosno izračunavanje protoka, budući da se tijekom mjerenja brzine dobiju i geometrijske karakteristike poprečnog presjeka. Slika 1 prikazuje postupak hidrometrijskog mjerenja korištenjem ADV uređaja.



Slika 1. Primjer mjerenja hidroloških veličina ADV-om

Hidrometrijsko krilo (Slika 2), mjeri brzinu tečenja vode u promatranoj točki na principu okretanja propelera. Broj okretaja proporcionalan je sa brzinom tečenja vode, s obzirom na definiranu funkcionalnu zavisnost. Moguće je izmjeriti najmanju, srednju i najveću brzinu tečenja vode unutar promatranog perioda.



Slika 2. Primjer mjerenja hidroloških veličina hidrometrijskim krilom (Šamanović et al, 2026)

Mobilni telefon (Slika 3) služi za snimanje video-zapisa tečenja vode, pri čemu se postupkom „Image rasteringa“ dobije površinska brzina. Ona može poslužiti za provjeru brzina dobivenih hidrometrijskim krilom ili ADV-om, odnosno putem teorije entropije za određivanje raspodjele brzina po poprečnom presjeku i u konačnici određivanju protoka (Šamanović et al, 2026).



Slika 3. Mjerenje površinske brzine korištenjem mobilnog telefona (Šamanović et al, 2026)

Kod geodetskih mjerenja korištena je totalna stanica, GNSS uređaj i bespilotna letjelica (DRON). Totalna stanica (slika 4) koristi se za određivanje koordinata točaka, odnosno definiranje uzdužnih i poprečnih presjeka vodotoka i okolnog terena.



Slika 4. Mjerenje prostornih veličina totalnom stanicom

Za iste svrhe se koristi i GNSS uređaj (Slika 5). Nedostatak GNSS-a je da, za razliku od totalne stanice, okolne prepreke kao što su građevine, drveće i visoko grmlje mogu dovesti do sprječavanja primanja i odašiljanja signala.



Slika 5. Primjer mjerenja prostornih veličina GNSS-om

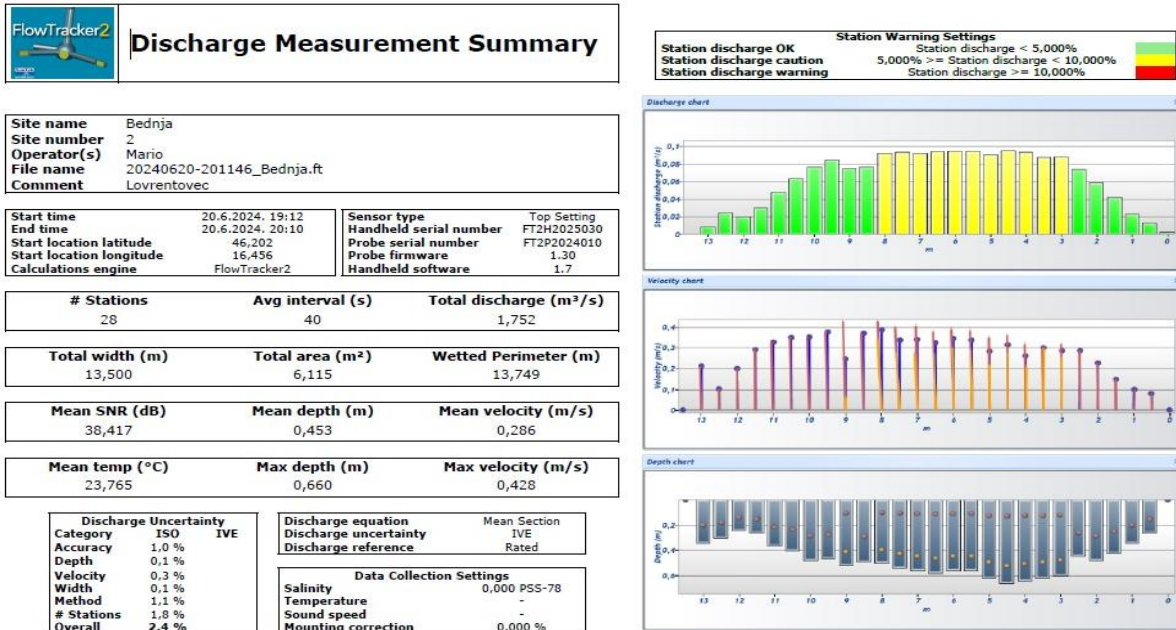
Dron se koristi za fotografiranje i video snimanje terena i građevina iz zraka (Slika 6).



Slika 6. Primjer mjerenja prostornih veličina bespilotnom letjelicom (Šamanović et al, 2026)

3 Rezultati

Dobiveni rezultati su u obliku podatkovnih zapisa i grafičkih priloga. Kod hidroloških mjerenja, najvažniji ulazni parametar je protok na promatranim poprečnim presjecima vodotoka dobiven ADV-om (Slika 7). Raspodjele i iznosi brzina prikazani su na Slikama 7 i 8 te Tablici 1, kao i dubinama na poprečnim stacionažama (Slika 7, Tablica 1). Također, izmjerene (određene) su i veličine poprečnih presjeka i dubine (Slika 7, Tablica 1).



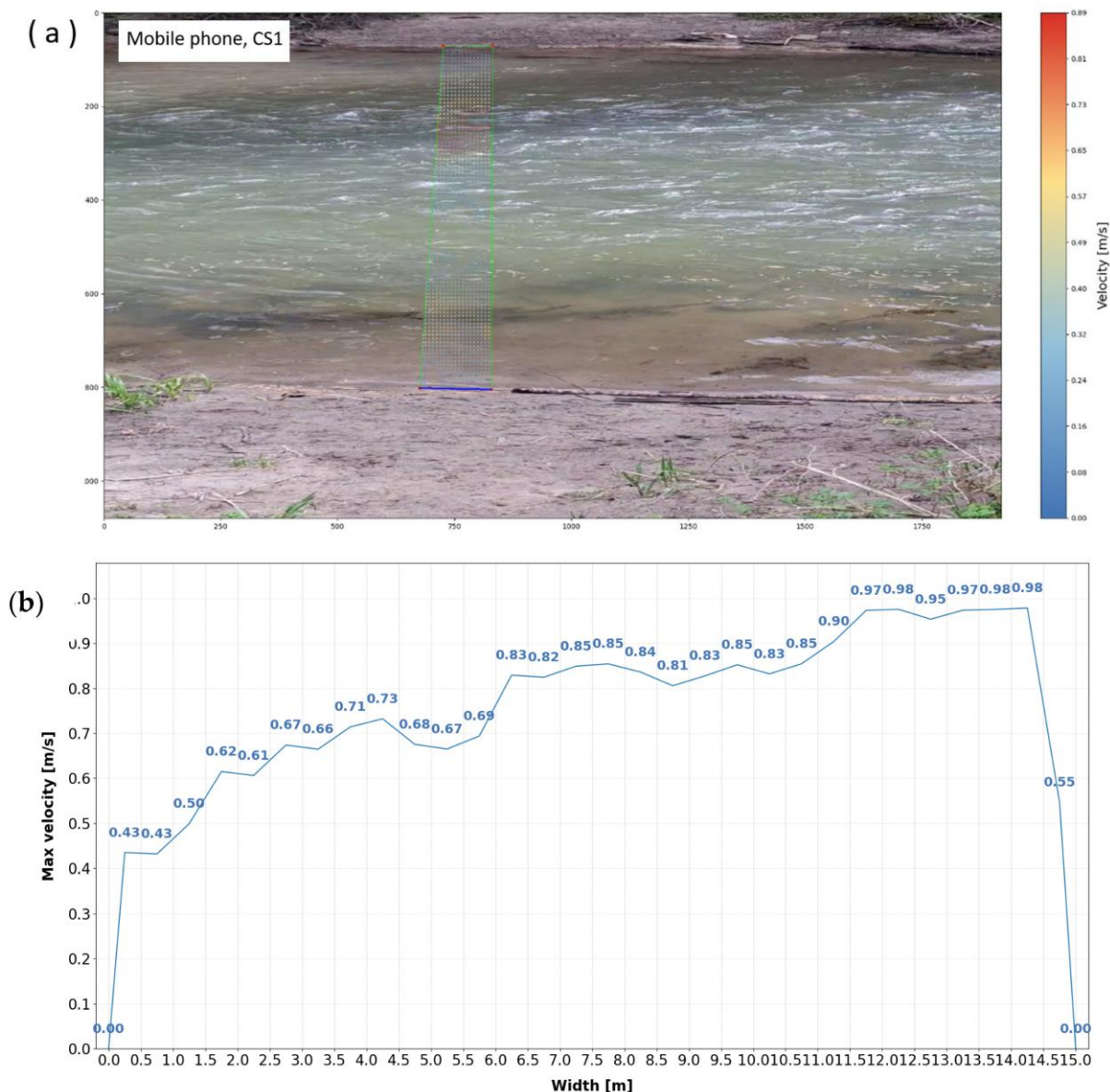
Slika 7. Izlazni rezultati dobiveni primjenom ADV-a

U tablici 1, x označava poprečne stacionaže (udaljenosti od lijeve, odnosno desne obale vodotoka), y označava pripadnu dubinu, dok v označava maksimalnu površinsku brzinu dobivenu hidrometrijskim krilom.

Tablica 1. Stacionaže, dubine i maksimalne površinske brzine

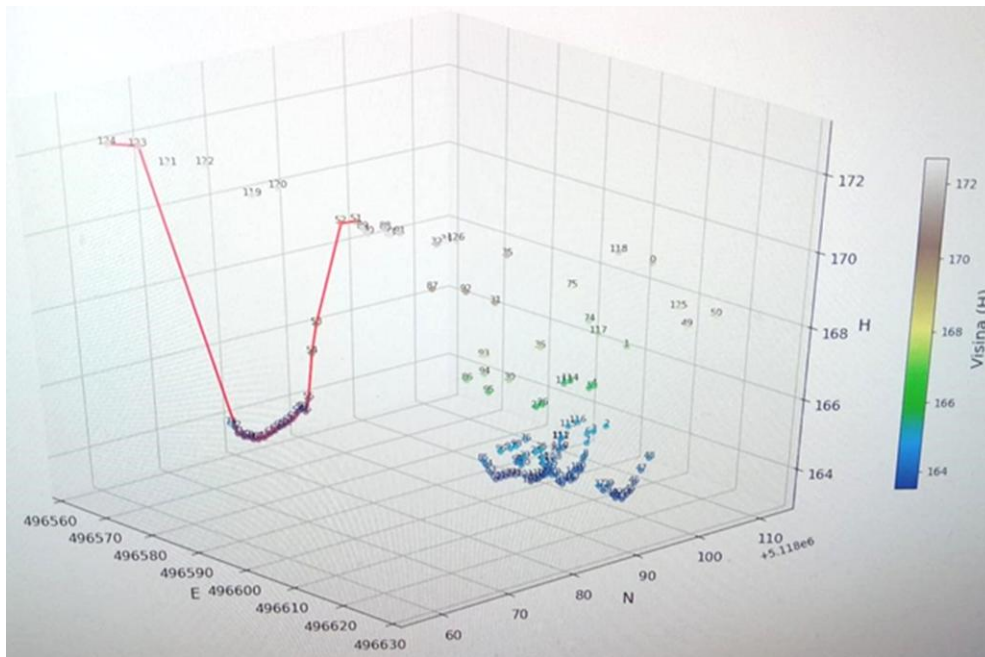
x (m)	y (m)	v (m/s)
0	0	0
1	0,3	0,2
2	0,47	0,1
3	0,77	0,5
4	0,88	0,5
5	0,95	0,5
6	0,79	0,6
7	0,95	0,9
8	0,93	0,8
9	0,95	1,1
10	0,58	0,8
11	0,54	0,6
12	0,43	0,6
13	0,35	0,1
14	0,13	0,1
15	0	0

Primjenom postupka „Image rastering“, odnosno analize video zapisa kretanja vode korištenjem mobilnog telefona, dobivene su maksimalne površinske brzine (Slika 8).



Slika 8. Maksimalne površinske brzine dobivene korištenjem mobilnog telefona i „Image rasteringa“ (Šamanović et al, 2026)

Podaci geodetske izmjere (dobiveni totalnom stanicom i GNSS-om) korišteni su za određivanje uzdužnih i poprečnih padova vodotoka (Slika 9). Korištenjem podataka prikupljenih bespilotnom letjelicom je izrađen digitalni ortofoto (DOF) za područje vodotoka i okolnog terena (Slika 10).



Slika 9. 3D profil vodotoka i okolnog terena



Slika 10. Digitalni ortofoto (DOF) snimak dobiven korištenjem drona

4 Zaključak

Dobivene numeričke veličine i grafički prikazi od iznimne su važnosti za modeliranje vodotoka, kao i za provjeru veličina proračunatih korištenjem različitih programskih alata. Kartiranja šireg područja danas su nezamisliva bez upotrebe modernih tehnologija poput bespilotnih letjelica opremljenih različitim sensorima. Osim što ubrzavaju rad i pokrivaju nepristupačna područja, one i povećavaju točnost, čime modeliranje vodotoka i okolnog područja postaje učinkovitije i preciznije.

Zahvala

Ovaj je rad nastao u sklopu projekta Hidrološko-geodetski model za predviđanje poplava i suša (IP-UNIN-TEH-2025-11), koji financira Europska unija – NextGenerationEU. Izneseni stavovi i mišljenja samo su autorova i ne odražavaju nužno službena stajališta Europske unije ili Europske komisije. Ni Europska unija ni Europska komisija ne mogu se smatrati odgovornima za njih.

Literatura

Alatas, H., Prayuda, D.D., Syafiuddin, A., Parlindungan, M., and Suhendra, N.O.; Pawitan, H. (2015) 'Simple Model for Simulating Characteristics of River Flow Velocity in Large Scale'. *International Journal of Geophysics*, pp. 1-8.

Đurin, B., Kranjčić, N., Cetl, V., Markovinović, D., Frntić, A. (2024) Application of Geodetic And Hydrometric Measurements For The Purposes of Defining the Water Balance – the Example of “Dedin Mlin” near Sveti Đurđ on the Plitvica River, Croatia, in: *Proceedings of International Conference on Contemporary Theory and Practice in Construction XVI*, Banja Luka, Bosnia & Herzegovina, 13-14 June, 2024. University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy. Bosnia & Herzegovina.

Šamanović, S., Đurin, B., Cetl, V., Bahmanpouri, F. (2026) Determination of the Surface Watercourse Velocities by Using the Propeller Current Meter, Unmanned Aerial Vehicle, and Mobile Phone. *Water*. 2026; 18(2):273. <https://doi.org/10.3390/w18020273>