

# Geodetski radovi u postupku sanacije rijeke Mure u Miklavcu

**Mladen Zrinjski<sup>1</sup>, Antonio Tupek<sup>1</sup>, Željko Kontak<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu Geodetski fakultet, Kačićeva 26, 10000 Zagreb

<sup>2</sup>Stjepana Vukovića 4, 42000 Varaždin

***Sažetak:** Za potrebe sanacije postojeće obaloutvrde desne obale rijeke Mure u mjestu Miklavac, u Hrvatskoj, obavljena je geodetska izmjera na osnovi koje je izrađen sanacijski projekt. Naglašena je važnost geodezije u projektiranju i gradnji hidrotehničkih objekata. Opisane su primijenjene metode geodetske izmjere i odgovarajući instrumentarij. Prikazana je geodetska situacija izmjerenog stanja s preklapom na digitalnom ortofotu te poprečni profili.*

***Ključne riječi:** sanacijski projekt, geodetska situacija, digitalni ortofoto, poprečni profil, rijeka Mura*

## 1. Uvod

Rijeke su oduvijek bile u fokusu ljudskih aktivnosti. Važnost tih aktivnosti ogleda se u koristi koje se dobivaju od rijeka i u neophodnosti zaštite područja od poplava i erozije. Također, nužnost zaštite okoliša daje dodatnu težinu iz razloga što rijekama prolazi medij (voda) kojim se zagađenje može vrlo brzo prenijeti i proširiti na velika područja. Jednaka važnost daje se očuvanju prirodnih ljepota rijeka. Iz tih potreba proizlaze inženjerski zadaci koji pomažu u rješavanju problema [1].

Važnu ulogu u rješavanju inženjerskih zadataka ima geodezija. Geodezija je nezamjenjiva pri projektiranju, gradnji i upotrebi bilo kojeg građevinskog objekta. Zbog toga je nužno poznavanje točnosti koju je moguće postići geodetskim mjerenjima. Taj podatak, kombinirano sa spoznajama o mogućnostima geodetskih instrumenata i mjernih metoda, omogućit će inženjeru uspješan završetak projekta na najekonomičniji način i u najkraćem mogućem roku [2].

U ovome radu opisana je geodetska izmjera za potrebe izrade elaborata sanacije postojeće obaloutvrde desne obale rijeke Mure (stacionaža rkm 58) u mjestu Miklavec, u Međimurskoj županiji u Hrvatskoj.

## 2. Rijeka Mura

Rijeka Mura izvire u Austriji, u Hohe Tauern i svoj tok nastavlja preko Slovenije, Mađarske i Hrvatske. Njezina duljina je 465 km, a veličina sliva 14.304 km<sup>2</sup> preko Drave se pridružuje riječnom sustavu Dunav. Na svojem donjem toku u duljini od približno 100 km čini državnu granicu (35 km austrijsko-slovenska, 20 km hrvatsko-slovenska, 45 km hrvatsko-mađarska). Izvire iz više izvora, od kojih je najznačajniji Murursprung sa svojim protokom od 100 l/s, a koji se nalazi na nadmorskoj visini 1898 m. Primajući još nekoliko manjih izvora, potok se u blizini naselja St. Michel pretvara u jasno definiranu rijeku. Rijeka Mura tipična je rijeka Karpatskog bazena. Sposobna je vrlo brzo promijeniti svoje korito, teče na svom aluviju i u prošla dva i pol stoljeća doživjela je više regulacijskih razdoblja [3].

## 3. Regulacija rijeke Mure

Regulacija rijeke Mure može se podijeliti na tri velika razdoblja. Prvo razdoblje obuhvaća 16. i 17. stoljeće, za koje su karakteristični utjecaji koji štite lokalne interese. Tadašnji radovi održavanja odnosili su se samo na korito vodotoka, ali nisu osigurali zaštitu od poplava naselja. Njihova efikasnost bila je upitna, jer između dviju poplava samo su na manjoj dionici “napravili red” i već je naredna poplava odnijela, srušila ili zaobišla objekte izgrađene za stabilizaciju korita [3].

U drugom razdoblju (u vrijeme Austro-Ugarske Monarhije) slijede usklađeni radovi većeg opsega koji su imali za cilj osigurati plovidbu. U tom su razdoblju pokušali regulirati rijeku s prokopima i izgradnjom obrambenih nasipa, ali te intervencije nisu bile međusobno usklađene. Izrađen je idejni projekt regulacije rijeke Mure, ali do realizacije tih projekata nije došlo. Prilikom izvedbe prokopa izgrađeni su umjetni kanali manjih dimenzija i ostavili rijeci da sama oblikuje krajnji profil korita. S presječenim meandrom kasnije su upravljali kao s mrtvim rukavcem. S obzirom da su pojedini prokopi promijenili vlasničke odnose, tehničkim je radovima uvijek prethodila dugotrajna procedura usklađivanja s vlasnicima [3].

Danas se regulacijom rijeke Mure uglavnom štite naselja od poplava. Sustav obrane od poplava sastoji se od glavnoga murskog nasipa, nasipa Podturen i nasipa Sv. Martin. Uzvodno od Podturna do Čestijanca uglavnom je visoka desna obala rijeke Mure (osim područja kod Sv. Martina), pa nije potrebno sveobuhvatno štititi područje od velikih voda. Prije izgradnje obrambenog sustava za Muru, rijeka se izlivala već

kod Novakovca i Podturna te se po nižim terenima slijevala, plaveći plodne površine sve do Kotoribe. Vrlo često murska voda dotjecala je do kanala Bistrec – Rakovnica, a potom istim u Dravu. Obrana od poplava područja uz rijeku Muru na dionici nizvodno od Podturna riješena je izgradnjom nasipa. Izgradnjom nasipa poplavno je područje od 11.500 ha smanjeno na 3800 ha (područje između rijeke Mure i nasipa). Pored glavnih nasipa izgrađeni su usporni nasipi uz pritoke, od kojih je najznačajnija Trnava (izgrađeni su lijevi i desni usporni nasip duljine 3,3 km). Sustav za obranu od poplava čine još hidrotehnički zahvati na slivovima potoka te elementi tog sustava kao što su retencije i kanali [4].

## 4. Građevine za regulaciju rijeka

Regulacije prirodnih vodotoka skup su gradnji i mjera kojima se mijenjaju prirodne osobine na vodotoku i njegovu slivnom području radi: racionalnije upotrebe voda, efikasnije zaštite od štetnog djelovanja voda iz vodotoka i efikasnije zaštite vodotoka od zagađenja. Ovisno o namjeni regulacija, potrebno je u većoj ili manjoj mjeri utjecati na promjenu prirodnih osobina vodotoka i otuda proizlaze inženjerske zadaće. No u tome treba biti jako oprezan i nikako se ne smije zanemariti da su vodotoci dio prirode koja se ravna po svojim zakonitostima. Uspješnost rješavanja spomenutih inženjerskih zadataka vezana je uz stupanj razumijevanja prirode vodotoka. Nasilno rješavanje uvjetuje žestok odgovor, rezultira neracionalnim i skupim rješenjima [1].

Građevine za uređenje vodnog toka su skupe. Razlog je veliki obim radova i specifičnost uvjeta izvođenja. Stoga se traže jeftina tehnička rješenja i to u dva smjera. Prvo, koriste se prirodni materijali kojih ima u blizini zahvata, a kao drugo koriste se sposobnosti vodotoka da sam gradi svoje korito. To znači da će se manjim zahvatima tok vode usmjeriti tako da erodira dio korita koji se želi produbiti (ili proširiti), odnosno usporit ćemo tok na onim mjestima gdje želimo da se korito zasipa vlastitim nanosom vodotoka.

Regulacijske su građevine s konstrukcijskog aspekta jednostavne, međutim odabir tipa, razmještaj u prostoru i njihovo oblikovanje spadaju u grupu složenih inženjerskih izazova. Regulacijske građevine treba razumjeti ne kao osamljene objekte, već kao dio vodotoka koji će u sustavu, s obzirom na nove uvjete, poprimiti drugačija obilježja. Na drugačiji će način teći voda, nanos će se kretati drugačije, a korito vodotoka poprimit će drugačiji oblik. Sve to treba imati na umu, stoga je primjerenim proračunima potrebno predvidjeti te promjene, kako bi krajnji učinak bio upravo onakav kakav želimo postići.

Regulacijske građevine treba koristiti kako bi se utjecalo na uzroke neželjenih stanja u koritu, a ne na saniranje posljedica toga stanja. Odabir tipa regulacijskih građevina koje će se koristiti za neki zahvat, prvenstveno ovisi o namjeni regulacija. Osnovne

namjene regulacija su povećanje erozije korita i njegovo produbljivanje, omogućavanje pronosa nanosa bez smetnji (pravilan pronos nanosa), smanjenje erozije i izazivanje taloženja na određenim mjestima, povećanje protočnosti korita i kombinacija prethodnih namjena.

Glavne regulacijske građevine su [1]:

- deponije (kamene naslage)
- obaloutvrde
- prave paralelne građevine
- regulacijska pera
- pregrade
- prokopi
- kanali
- nasipi.

## 5. Obavljeni geodetski i građevinski radovi

Za potrebe izrade sanacijskog projekta primijenjene su sljedeće metode geodetske izmjere:

- polarna metoda (tahimetrija)
- CROPOS (CROatian POSition System)
- akustične metode mjerenja dubina
- trigonometrijsko određivanje visinskih razlika.

U nastavku će biti opisani geodetski i građevinski radovi za potrebe izgradnje obaloutvrde u mjestu Miklavec u Međimurskoj županiji, u Hrvatskoj.

Na zahtjev investitora "Hrvatske vode" u kolovozu 2014. godine na desnoj obali rijeke Mure, stacionaža rkm 58+000, kod mjesta Miklavec izmjereno je pet poprečnih profila. Uz to je izmjerena obala od postojeće obnovljene obaloutvrde uzvodno do spruda u duljini od približno 200 m. Profili su numerirani od najuzvodnijeg PROF5 do krajnjega nizvodnog PROF1, s razmakom od približno 40 m. Mjerenja su obav-

ljena jednofrekvencijskim echosonderom *Navitronic NS10* kojim se mjere dubine, GNSS RTK prijamnikom kojim se određuju koordinate s vezom na VPPS CROPOS-a u Hrvatskom državnom koordinatnom sustavu (HDKS) i geodetskom mjernom stanicom *Topcon GPT-7501*. Mjerenja su obavljena u svrhu izrade elaborata sanacije postojeće obaloutvrde s ciljem zaštite naselja Miklavec od približavanja desne obale rijeke Mure zbog erozivnog djelovanja vode.

Radovi na izgradnji obaloutvrde započinju raščišćavanjem lokacije izgradnje objekta. Prilikom raščišćavanja terena potrebno je posjeći i ukloniti žbunje i stabla na pokosu obale rijeke Mure na mjestu izgradnje obaloutvrde. Nakon raščišćavanja, teren se poravna te se izvodi geodetska i hidrografska izmjera profila korita i obale kao “nulti snimak”. Taj geodetski snimak (“nulti snimak”) služi kako bi se utvrdilo početno stanje obale i korita neposredno prije izgradnje objekta. Nakon provedbe “nultog snimka” potrebno je izvesti ucertavanje snimljenog stanja na projektirane elemente građevine te utvrditi razlike koje mogu nastati u potrebnim količinama materijala za izgradnju, do kojih može doći jer su od vremena projektiranja do vremena izgradnje moguće promjene u geometriji obale i korita na lokaciji izgradnje objekta.

Rijeka je prirodni tok vode, koji pod utjecajem gravitacije teče koritom što ga sama erodira i formira. Prirodno je za očekivati da tijekom vremena može doći do promjena u geometriji poprečnih profila na promatranom području uslijed erozijskog djelovanja vode. Rijeka uslijed svoga prirodnog toka svojim vučnim silama transportira riječni nanos duž svog korita. Riječni se nanos unutar korita prirodno deponira te uslijed djelovanja vučnih sila ponovno pomiče i deponira na drugim lokacijama. Slijedom mogućih morfoloških promjena u geometriji korita i obale rijeke Mure, nalaže se nužnim provesti snimak obale i korita neposredno prije izgradnje građevina.

Nakon provedbe “nultog snimka” te ucertavanja projektiranih elemenata na snimljene profile i analize količina, provodi se iskolčenje projektiranih elemenata objekta. Elaborat iskolčenja te iskolčenje građevine mora obaviti osoba ovlaštena za obavljanje poslova državne izmjere i katastra nekretnina (ovlašteni geodetski inženjer).

Važno je istaknuti da radovi na izgradnji obaloutvrde trebaju biti planirani za razdoblje godine kada se bilježe niski vodostaji rijeke Mure, kako radovi, strojevi i dijelovi sustava ne bi bili ugroženi pojavom visokih voda.

Kako bi se izgradili projektirani elementi konstrukcije obaloutvrde, potrebno je provesti iskop kojim se definira projektom predviđena geometrija podloge konstrukcije. Iskop se provodi bagerom s direktnim utovarom iskopanog materijala u kamion. Iskop materijala izvodit će se dijelom s kote visoke obale do dubine dosega ruke bagera, a dijelom s radnog platoa koji će biti definiran izgradnjom nožice obaloutvrde. Iskopani materijal se istovaruje na privremenu deponiju na obali rijeke. Taj materijal koristit će se za nasipanje na dijelovima poprečnih profila, u količinama u kojima je raspoloživ, kako bi se definirao projektirani oblik pokosa, a sve u skladu s nacrtima

poprečnih profila danim u projektu. Preostale potrebne količine materijala, ukoliko se ukaže potreba, dovest će se s pozajmišta.

Kamena nožica obaloutvrde od lomljenog kamena polaže se direktno na pripremljeno prirodno tlo unutar korita rijeke Mure. Radovi na izradi tog dijela obaloutvrde mogu se izvoditi ili strojno s plivajućeg pontona ili direktno s platoa postojećeg nasipa, ukoliko postoji vjerojatnost da se radovi izvode s obale izvedbom pristupne rampe na pokos buduće obaloutvrde.

Slojevi obaloutvrde rade se strojno bagerom, dijelom s radnog platoa, odnosno nožice obaloutvrde, a dijelom s kote visoke obale, sve zavisno o tehnološkim mogućnostima dosega ruke bagera odabranog izvođača radova. Za radove je potrebno birati stroj s većim dosegom ruke kako bi se radovi mogli lakše provoditi.

Sloj šljunka radi se u sloju debljine 30 cm krupnoće zrna od 0 do 60 mm. Krupnoća zrna šljunka ne smije biti manja kako ne bi došlo do ispiranja kroz oblogu. Šljunak se dovozi kamionom te se strojno uz pomoć bagera ugrađuje po pokosu obale uz potrebno lagano zbijanje i oblikovanje projektiranog pokosa.

Kamen se kamionom dovozi do lokacije ugradnje te se pomoću bagera razastire po pokosu obale. Zatim je tako razastrt kamen po pokosu obaloutvrde potrebno rolirati, odnosno ručno složiti i poravnati. Prilikom ručnog preslagivanja obloge koriste se ručni alati, čekići i nabijači kako bi se kamen mogao čim bolje nabiti i složiti.

Nakon završetka građevinskih radova izrađuje se geodetski snimak izvedenih radova s ucrtavanjem na projektirane elemente.

Geodetska izmjera gotovo cijelog područja, osim kanala, obavljena je GNSS RTK prijarnikom *Topcon V*. Taj instrument koristi vezu na CROPOS te se primjenom VPPS-a (visoko precizni pozicijski servis) obavlja geodetska izmjera. Naselje Miklavac nalazi se u Međimurskoj županiji u 6. zoni Gauss-Krügerove projekcije. Time su definirani parametri transformacije i koordinatni sustav. Prilikom izmjere primijenjeno je kodiranje detalja radi brže izmjere i kasnije obrade podataka.

Polarna metoda primijenjena je za izmjeru kanala, jer na tom području nije bilo CROPOS signala zbog šumom zaraštenog terena. Geodetska izmjera kanala obavljena je geodetskom mjernom stanicom *Topcon GPT-7501*. Iz određenih koordinata stajališta instrumenta i orijentacije te izmjerenih veličina (kutovi i duljine) dobiveni su elementi potrebni za računanje koordinata detaljnih točaka kanala.

Poprečni profili na rijeci Muri izmjereni su integracijom jednofrekvencijskog ultrazvučnog dubinomjera *Navitronic NS10* i GNSS RTK prijarnika *Topcon V*.

Prije izmjere bilo je potrebno instrumentarij montirati na čamac. Nakon toga upiše se u registrator GNSS RTK prijarnika visina između dna sonde dubinomjera i dna

antene GNSS RTK prijamnika te se podesi jačina osjetljivosti i kontrast dubinomjera. Snimanje dna korita obavljeno je dubinomjerom montiranim na čamac s gustoćom mjerenih točaka od 1 do 5 m. Položaj čamca i koordinate točaka profila određeni su GNSS RTK prijamnikom *Topcon V*. Sustav satelitskog pozicioniranja i sustav ultrazvučnog mjerenja dubina povezuju se tako da se diskretnoj točki na kojoj je izmjerena dubina dodijeli pozicija dobivena metodom satelitskog pozicioniranja [5].

## 6. Obrada podataka mjerenja i prikaz rezultata

Za grafičku obradu podataka primijenjen je programski paket AutoCAD Map 3D. Postupak rada započinjemo tako da koordinate učitamo u AutoCAD te ih spajamo, ovisno o skici koju smo vodili na terenu. Podatci su tematski organizirani u slojeve (engl. *layers*). Ovisno o vrsti, podatak se dodjeljuje odgovarajućem sloju.

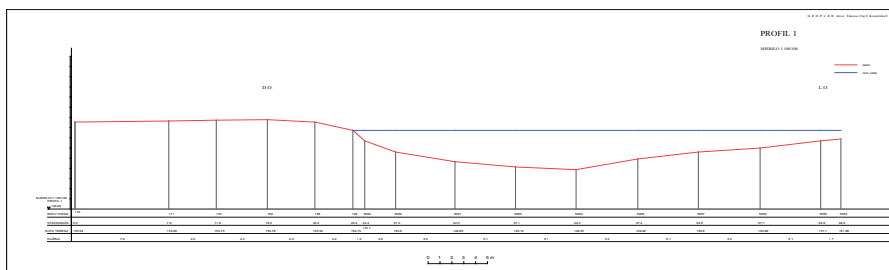
Kao konačan rezultat geodetske izmjere, izrađena je geodetska situacija izmjenenog stanja s preklopom na digitalnom ortofotu (DOF) u mjerilu 1:500 (Slika 1, [6]) te pet poprečnih profila u mjerilu 1:100/100.

Na Slici 2 prikazan je poprečni profil br. 1 [6], a na Slici 3 poprečni profil br. 3 [6].

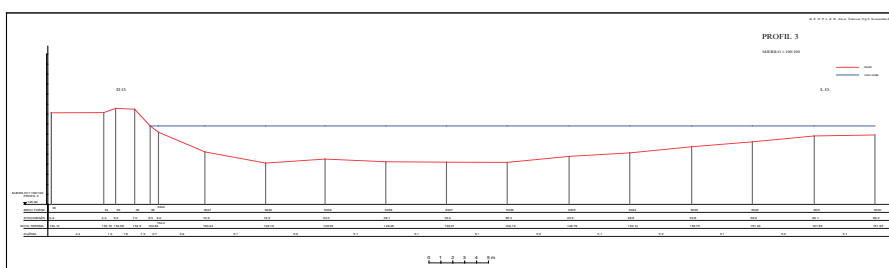


**Slika 1:** Geodetska situacija s preklopom na digitalnom ortofotu [6]





Slika 2: Poprečni profil 1 [6]



Slika 3: Poprečni profil 3 [6]

## 7. Zaključak

Rijeka Mura jedan je od rijetkih preostalih prirodnih tokova nizinskih rijeka u srednjoj Europi, a ističe se strmim, odronjenim i još neutvrđenim obalama te šljunkovitim i pješčanim sprudovima. Velike vode koje nekoliko puta godišnje protječu koritom rijeke Mure uzrokuju pojačanu eroziju obala. Zbog erozije desne obale rijeke Mure (stacionaža rkm 58) može biti ugroženo naselje Miklavac u Međimurskoj županiji. Kako bi se spriječilo daljnje napredovanje erozivnog procesa, koji bi mogao ugroziti naselje, planirana je izgradnja obaloutvrde od lomljenog kamena.

Sukladno Zakonu o zaštiti prirode, tok rijeke Mure zaštićen je u kategoriji regionalnog parka. Tijekom izvođenja, održavanja i upotrebe predmetnog zahvata mogući su negativni utjecaji na kakvoću vode i tla, staništa, floru i faunu, područja zaštićena temeljem Zakona o zaštiti prirode. Iz toga možemo zaključiti da je riječni tok Mure područje izuzetnih prirodnih vrijednosti i ima značaj na regionalnom, nacionalnom i europskom nivou i čini cjelovito područje koje se, osim unutar teritorija Republike Hrvatske, proteže kao prekogranični riječni ekološki sustav u susjednim državama te je njegova zaštita bitna.



Geodezija ima važnu ulogu u rješavanju inženjerskih zadataka. Nezamjenjiva je pri projektiranju, gradnji i upotrebi bilo kojeg građevinskog objekta, pa tako i hidrotehničkog objekta (obaloutvrde). Građevine za uređenje vodnog toka su skupe. Razlog tome je veliki obim radova i specifičnost uvjeta izvođenja. Zbog toga je važno objekt projektirati i izgraditi tako da zadovolji sve standarde ekološke i građevinske struke uz minimalne troškove, a geodezija u tome ima značajni doprinos.

## 8. Literatura

- [1] Kuspilić, N.: *Hidrotehničke građevine – 2 dio*, skripta, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2008
- [2] Pribičević, B., Medak, D.: *Geodezija u građevinarstvu*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Zagreb, 2003
- [3] Toth, G., Engi, Z., Majdan, J., Fabian, S. A.: Historijsko-morfološka rekonstrukcija inundacije rijeke Mure, *Ekonomska i ekohistorija: časopis za gospodarsku povijest i povijest okoliša*, **9** (2013) 1, 28-34
- [4] Hrvatske vode: *Dovođenje murskog nasipa u funkcionalno stanje (km 22+594–25+912)*, elaborat zaštite okoliša, Hrvatske vode, Zagreb, 2012
- [5] Pribičević, B.: *Pomorska geodezija*, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2005
- [6] Kontak, Ž.: *Geodetski radovi u postupku sanacije rijeke Mure u Miklavcu*, diplomski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2015

