Mišičev vodarski dan

ZBORNIK



36. Mišičev vodarski dan

3. december 2025, Maribor

36. Mišičev vodarski dan

Izdajatelja in organizatorja:
Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o.
Drava Vodnogospodarsko podjetje Ptuj d.o.o.

Sorganizatorja:
Ministrstvo za naravne vire in prostor RS
Ministrstvo za naravne vire in prostor
Direkcija RS za vode

V sodelovanju:
Društvo vodarjev Slovenije
Inženirska zbornica Slovenije

Organizacijski odbor:
Boštjan Rozman
mag. Bernardka Jurič
mag. Smiljan Juvan
Neven Verdnik
Tijana Mićić
Franc Avšič
Maja Ograjenšek
Mitja Trop

Oblikovanje:
Jasna Andrić

DTP in tisk:
Camera d.o.o.

Naklada:
100 izvodov

V Mariboru, 2025

Fotografija na naslovnici:
Savinja v Lučah – ureditev struge v okviru izvedbe izrednih ukrepov po poplavi avgusta 2023,
Izvajalec: NIVO EKO d.o.o.,
Foto: Saša Jokanović, NIVO EKO d.o.o.

Fotografija na hrbtni strani:
Savinja v Braslovčah - sanacija zgornjega Letuškega jezu
Izvajalec: NIVO EKO d.o.o.,
Foto: Matej Mešl, NIVO EKO d.o.o.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

626/628(497.4)(082)

MIŠIČEV vodarski dan (36 ; 2025 ; Maribor)
36. Mišičev vodarski dan : zbornik : 3. december 2025, Maribor / [organizatorja Vodnogospodarski biro Maribor [in] Drava vodnogospodarsko podjetje Ptuj]. - Maribor : Vodnogospodarski biro ; Ptuj : Drava Vodnogospodarsko podjetje, 2025

ISBN 978-961-94881-7-1
COBISS.SI-ID 257902083



Sonaravna ureditev Meže na odseku med Mežico in Žerjavom.
Izvajalec: VOC CELJE d.o.o.
Foto: Urban Prislan, VOC CELJE d.o.o.

Kazalo

Uvodnik **10**

Ljiljana Smiljić, Dejan Guduraš, Marjeta Gornik Sojer, Gregor Umek, dr. Sašo Šantl, dr. Nataša Sirnik, Urška Kocijančič, dr. Beti Godnič, Brigita Rogelj

Plačilo za vodno pravico podeljeno na podlagi vodnega dovoljenja- oblikovanje enačbe in določitev merodajnih faktorjev in njihovih vrednosti **13**

01 Izvajanje interventnih del po neurju avgusta 2023

mag. Bernardka Jurič, Blaž Ivanuša, Rok Ferme, Martin Pušnik

Izvajanje interventnih del po neurju avgusta 2023 – vloga VGP DRAVA Ptuj kot koncesionarja **23**

Borut Roškar, Roman Kramer

Ali je reorganizacija dejavnosti vodarstva po izvedenih interventnih in sanacijskih ukrepih res potrebna? **32**

Saša Sobočan

Interventna dela na porečju reke Mure po neurju avgusta 2023 ..... **39**

02 Načrtovanje in izvedba sanacijskih del in protipoplavnih ukrepov

Metod Rogelj, Špela Premelč

Vključevanje NBS v projekte zmanjševanja poplavne ogroženosti in njihovo dejansko izvajanje pri urejanju vodotokov na Gorenjskem **53**

upokojen redni profesor dr. Franci Steinman

Forenzična analiza poplavnih dogodkov podaja pomembne argumente vodarjem za uveljavljanje naravnih in antropogenih danosti voda v prostoru **60**

prof. dr. Jože Duhovnik

Sanacija neurejene struge reke Save odsek HE Medvode do jezu v Tacnu
Posegi države v vodotok reke Save in Sore brez dinamične analize vodnega toka pri različnih pretokih rek in posledica **67**

mag. Maša Čarf, Urban Prislan, Tomaž Balut
Dobra praksa izvedbe vodnogospodarskih ureditev na reki Meži pri izgradnji kolesarske povezave Mežica – Črna na Koroškem.....77

Neven Verdnik
Pregled in problematika izvedenih sanacijskih programov na porečju Meže in Mislinje 92

izr. prof. dr. Milan Kobal, Aleš Klabus, Tadej Jeršič
Metodologija izdelave idejne zasnove hudourniške ureditve porečja – primer porečja Meže v občini Črna na Koroškem..... 102

03 Poplavna območja in kmetijstvo

Andrej Rebernišek, Peter Pribožič, Matic Leben, Marko Černe
Vpliv poplav na kmetijska zemljišča 113

04 Modrozelena infrastruktura

asist. dr. Matej Radinja, mag. Maja Štajdohar, Simona Viršek, Nataša Šušteršič, mag. Joerg Prestor, Simona Pestotnik, dr. Janja Svetina, doc. dr. Darja Istenič, asist. Shengnan Yang, izr. prof. dr. Nataša Atanasova
Vzpostavitev in delovanje zadrževalno-ponikovalnega polja v parku Tivoli, Ljubljana..... 123

dr. Nataša Sirnik, Kristina Klemen, Petra Pergar
Celostni pristop k vključevanju modro-zelene infrastrukture za zmanjševanje urbanih poplav: orodje za oceno ranljivosti in načrtovanje ukrepov 132

05 Aktualni projekti s področja upravljanja z vodami in urejanja voda

Tadej Dolenc, Simon Mrak
Načrtovanje in izvedba sanacijskih del na Hrastnici, z upoštevanjem rezultatov 2D hidravličnega modela premeščanja plavin 143

dr. Jošt Sodnik, Aleš Oblak, Luka Prezelj, Andraž Dežman
Zmanjševanje ogroženosti zaradi masnih tokov – razbijač drobirskega toka nad Koroško Belo 152

Luka Žvokelj, doc. dr. Sara Cucchiaro, prof. dr. Federico Cazorzi, izr. prof. dr. Nejc Bezak, Mojca Fabbro, doc. dr. Vesna Zupanc
Ocenjevanje stanja in prednostno razvrščanje objektov na hudournikih v območju Osp: uporaba indeksa prioritete vzdrževanja (MPi) za izboljšanje odpornosti na ekstremne vremenske dogodke..... 162

Petra Štern, Karmen Bobek, Iztok Kavčič, dr. Nataša Smolar-Žvanut
Projekt LIFE22-NAT-SI-LIFE OrnamentalIAS: Popis invazivnih tujerodnih vrst rastlin na projektnem območju Tržiška Bistrica 171

izr. prof. dr. Simon Rusjan, asist. dr. Klaudija Lebar, izr. prof. dr. Nejc Bezak, izr. prof. dr. Gašper Rak, Tadej Dolenc, prof. dr. Timotej Verbovšek, doc. dr. Vesna Zupanc, asist. dr. Tamara Kuzmanić, dr. Jošt Sodnik, znanst. sod. dr. Andrej Vidmar, prof. dr. Matjaž Mikoš
Razvoj metodologije za oceno razvitosti erozijskih procesov in kartiranje erozijske nevarnosti na območjih poplavljanja celinskih voda in morja 179

dr. Uroš Krajnc
Stražunski kanal: od odvodnika odpadnih voda jugovzhodnega dela Maribora do območja naravnega spomenika 189

dr. Mojca Hrovat, Ditka Čakš Copot, Tim Mencigar, Iztok Kavčič, dr. Nataša Smolar-Žvanut
Testiranje metod odstranjevanja invazivnih tujerodnih vrst rastlin na vodnih in priobalnih zemljiščih v okviru projekta LIFE-IP NATURA.SI 196

Eva Petelin, Damjan Habe, dr. Polona Pengal
Korak k interdisciplinarnemu in vključujočemu upravljanju z vodami 203

Matej Horvat, Veronika Strmšek, Dejan Šram, dr. Mišo Andjelov, dr. Peter Frantar, mag. Daria Čupić, Hrvoje Herceg
Aplikacija modela vodne bilance CWatM na pilotnem območju Zgornje Save..... 206

Niko Antončič
Projektni naliv - Design Storm..... 215

prof. dr. Gorazd Urbanič, viš. pred. dr. Maja Pavlin Urbanič
Okoljska DNA (eDNA) je učinkovita metoda za monitoring rib in školjk v rekah in pretočnih akumulacijah 228

mag. Tanja Bolte, Petra Dečman
Preusmeritev potoka Rakovnik v sklopu sanacije zaprtega odlagališča nenevarnih odpadkov Rakovnik v občini Šmartno pri Litiji 234

assist. dr. Mateja Klun, izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski
Razvoj metodologije za oceno porušnih mehanizmov pregrad 240

Abdullah Zafar, Marco Rodríguez
Inovativne rešitve za odstranitev vode iz materiala, pri poglabljanju dna zaradi okoljskih zahtev-študija primera estuarija O Burgo, Španija 247

Alenka Sever Keršinar, Goran Mandžuka, Simon Čižmek
DPN za prvo plavajočo sončno elektrarno v Sloveniji - energija danes za energijo jutri..... 253

Urban Jakop, Timotej Mišič
Ureditev Savinje za zagotavljanje poplavne varnosti od Malih Braslovč do Ločice ob Savinji – v izvajanju..... 262

Reklamni oglasi..... 274



Savinja v Lučah – ureditev struge v okviru izvedbe izrednih ukrepov po poplavi avgusta 2023,
Izvajalec: NIVO EKO d.o.o.,
Foto: Saša Jokanović, NIVO EKO d.o.o.

UVODNIK

Avgusta 2023 so poplave 4. avgusta prizadele več kot polovico Slovenije. Razkrile so ranljivosti našega prostora in sprožile obsežno državno ukrepanje na področju upravljanja z vodami. Po teh poplavah je bilo narejenega ogromno. V dveh letih je bilo namenjenih skoraj milijarda evrov za urejanje vodotokov in sanacijo posledic poplav. Prvič v zgodovini se je vpeljal inštrument nadomestitvenih gradenj za objekte, ki so tako zelo poplavno ogroženi, da bi ukrepi za njihovo popolno varnost predstavljali nesorazmerno velike stroške.

S po-poplavno sanacijo se je začelo obdobje intenzivnih sprememb, inovativnih projektov in strateškega načrtovanja na področju upravljanja voda. Tudi v času, ko so bile sanacije nujne, smo hkrati začeli postavljati temelje za dolgoročno odpornost in proaktivno upravljanje voda in naredilo nov izrazit korak naprej. Oblikovane so bile številne sistemske in pravne spremembe.

Poleg sprejetja nove poplavne uredbe, s katero smo uvedli koncept poplavno odporne gradnje in zaostrili pogoje gradnje stanovanjskih objektov, smo sprejeli nov zakon o javnih službah na področju pitne in odpadne vode, ki je operacionalizirala ustavno pavico do pitne vode vsakemu državljanu, storitev oskrbe s pitno vodo pa je postala izključno javna. Po več »suhih« letih smo v procesu sprejetja 10 novih uredbe o vodovarstvenih režimih za zajetja pitne vode.

Sprejeli smo novo uredbo o plačilih za vodna dovoljenja, s katero izenačujemo položaj vseh imetnikov vodnih pravic. Sprejeli smo tudi uredbo o metodologiji za določanje izjem za posege v vode in izvajali ali načrtovali nekaj ključnih projektov, ki bogatijo sistemski pristop in poglabljajo strokovno vsebino našega dela.

V porečju Savinje je v teku priprava državnega prostorskega načrta (DPN) za območje Spodnje Savinjske doline, ki na prostorski ravni koordinira ureditev zadrževalnikov, nasipov, urejanja strug in spremljajočih infrastrukturnih posegov, kar bo omogočilo celosten in trajnosten okvir za uresničevanje ukrepov obvladovanja poplavne ogroženosti. Za celotno porečje Vipave je bila izdelana študija hidrologije in poplavnosti. Prinaša poglobljeno analizo ekstremnih vod za različne verjetnostne razrede (10, 100, 500-letne vode), ter oceno vpliva odvzemov vode na režim manjših pretokov. Ob tem so že predstavljeni načrtovani ukrepi v prvi fazi zmanjševanja poplavne ogroženosti porečij z vključitvijo lokalne skupnosti, predstavnikov občin in strokovne javnosti.

Posodobili smo seznam pomembnih poplavno ogroženih območij - v dokumentu Predhodna ocena poplavne ogroženosti Republike Slovenije 2024 je kot območja pomembnega vpliva poplav (OPVP) opredeljenih 104 območij.

Vstopamo v čas, ko se ne gre več zgolj za sanacijo — gre za preobrazbo sistema. Izzivi pred nami so jasni: država bo do konca leta 2027 izdelala poplavne karte za celotno Slovenijo, vzpostavila sistem digitalnih hidroloških dvojčkov, imela podatke o globinah vode pri poplavah, opredeljena bodo poplavno ogrožena območja. Začenjamo tudi obsežnejši in sistematski pristop k obravnavi plazov – preventivo gradimo že danes, na „kurativi“ pa že delamo, saj je v teku sanacija šestih večjih zemeljskih plazov. Digitaliziramo in avtomatiziramo tudi procese upravnih postopkov, evidenc vzdrževanja voda in izvajanja investicij. Povezujemo podatkovne baze in posodabljamo informacijske rešitve, ki so vpete v državni računalniški oblak oziroma različne podatkovne prikazovalnike. Na vseh področjih krepimo učinkovitost, tudi organizacijsko. Tako je v načrtu institucionalno

preoblikovanje upravljanja z vodami, kjer želimo ločiti oblikovanje politik, strategij, programov in celovitih načrtov od operativnega izvajanja in nadzorovanja posegov v vode, varstva in rabe.

Ministrstvo za naravne vire in prostor (MNVP) razvija tudi dolgoročne koncepte urejanja velikih reka – Save, Drave in Mure – s ciljem vzpostavitve več-desetletnih usklajenih, celostnih upravljavskih strategij, ki bodo odražale odpornost na podnebne spremembe, dajale okvir obvladovanju poplavne ogroženosti, varstvu narave, ekoloških standardov in prilagoditveni infrastrukturi. Ti koncepti bodo vodili izbiro lokacij zadrževalnikov, prostorsko umeščanje poplavnih koridorjev in varovanih poplavnih površin, dajali okvir ekonomskemu razvoju in omogočali usklajevanja rab voda in upravljanja zalednih površin.

Vodarska stroka je tudi pomemben deležnik pri izdelavi prostorskih aktov na ravni občin (OPN) – ne le kot tehnični izvajalci, ampak kot soustvarjalci prostora, ker urejanje voda neposredno vpliva na prostorsko politiko, rabo zemljišč, infrastrukturo in gospodarstvo. Vodarji sodelujemo pri določanju mej vodnih in priobalnih zemljišč, pri pripravi gradbenih pogojev, pri projektnih dokumentacijah in mnenjih za postopke OPN in DPN. S tem omogočamo, da vodni vidik ni le tehnicističen, ampak integriran v razvoj občin in regionalno gospodarstvo. Razmišljamo o novih možnostih – kot je namakanje kmetijskih površin, raba zaprtih geotermalnih vrtin za ogrevanje ali energetske namene, iskanje tehnoloških rešitev za industrijo in zmanjševanje vodnih izgub. Gospodarskim subjektom pomagamo pri uvajanju učinkovitih tehnoloških rešitev, energetske učinkovite distribucije, izboljšanju vodnoinfrastrukturne storilnosti, kar krepi vlogo vode kot dejavnika razvoja, ne samo kot tveganja.

Medtem ko urejamo tokove in zadrževalnike, tudi krepimo naš položaj v mednarodnem prostoru. Predsedujemo pomembnim mednarodnim forumom – svetovno naravnani Vodni konvenciji, Mednarodni komisiji za varstvo reke Donave (International Commission for the Protection of the Danube River - ICPDR) in Barcelonski konvenciji. Aktivno smo prisotni pri izvajanju Savskega sporazuma in EUSIAR (EU strategija za Ionsko-Jadransko regijo) ter v drugih relevantnih mehanizmih, Imamo redne delovne sestanke z Avstrijo in Madžarsko v okviru čezmejnih rečnih komisij, hidromonitoringa, delitve vodnih podatkov in sinergij pri projektih. Ta komunikacija je ključna pri nastajanju ukrepov, ki presežejo državne meje – od sistema zgodnjega opozarjanja do skupnih strateških ukrepov v porečjih, ki jih upravljamo skupaj s partnerji. To pomeni, da smo v logistiki, znanju in komunikaciji centralna točka za čezmejno upravljanje voda.

Z vsemi temi usmeritvami ne gradimo le infrastrukture, temveč sistem znanja, sodelovanja in strateškega vpliva. Strokovni člani na Mišičevih dnevih 2025 dokazujejo kako se pravne reforme, prostorski koncepti, hidrološke podlage, tehnološke inovacije in mednarodno sodelovanje prepletajo v ambicijo, da Slovenija postane zgled upravljanja voda, ki ne reagira le na krize, temveč jih sistemsko in trajnostno omejuje ter pretvarja v priložnosti.

Jože Novak
Minister za naravne vire in prostor



Savinja na Ljubnem – sanacija Mlinarjevega jezu
Izvajalec: NIVO EKO d.o.o.,
Foto: Saša Jokanović, NIVO EKO d.o.o.

PLAČILO ZA VODNO PRAVICO PODELJENO NA PODLAGI VODNEGA DOVOLJENJA- OBLIKOVANJE ENAČBE IN DOLOČITEV MERODAJNIH FAKTORJEV IN NJIHOVIH VREDNOSTI

Ljiljana Smiljić, Dejan Guduraš, Marjeta Gornik Sojer, Gregor Umek
Ministrstvo za naravne vire in prostor, Dunajska 48, 1000 Ljubljana

dr. Sašo Šantl, dr. Nataša Sirnik, Urška Kocijančič, dr. Beti Godnič
Inštitut za vode Republike Slovenije, Einspielerjeva ul. 6, 1000 Ljubljana

Brigita Rogelj, Direkcija Republike Slovenije za vode

Povzetek

Zakon o vodah za vsako rabo vodnega ali morskega javnega dobra ali naplavin, razen za splošno rabo, določa plačilo za vodno pravico. Do sedaj so za vodno pravico plačevali le imetniki vodnih pravic, ki so podeljene s koncesijskim aktom, tako imenovano koncesnino. Zato je bilo potrebno v skladu z zakonom o vodah in tudi ugotovitvijo Računskega sodišča RS odpraviti neenakost in urediti tudi plačilo za vodne pravice, ki so podeljene na podlagi vodnega dovoljenja, tako imenovano dovolnino. Za določitev višine dovolnine za posamezno klasificirano vrsto vodne pravice je bilo potrebno oblikovati enačbo in določiti merodajne faktorje ter njihove vrednosti. Enačba in vrednosti faktorjev upoštevajo raznolikost rabe vodnega in morskega javnega dobra in naslavljajo razpoložljivost vode, namen, vrsto in obseg posebne rabe voda, obseg investicijskih in vzdrževalnih sredstev ter ekonomskih ugodnosti rabe in tudi čas trajanja posebne rabe. Plačilo dovolnine se je dokončno uveljavilo s sprejemom uredbe.

Uvod

Z Zakonom o vodah (ZV-1) sta določeni dve vrsti dajatev ali plačil za imetnike vodnih pravic.

A. Eno je vodno povračilo, ki predstavlja dajatev, ki ustreza povračilu stroškov obremenjevanja vodnega okolja, ki so posledica rabe voda (odvzem vode, hidromorfološke spremembe, zasedba vodnega prostora...). Vodno povračilo plačujejo imetniki koncesij in vodnih dovoljenj, imetniki pravic za evidentirano rabo vode (lastna oskrba s pitno vodo, pridobivanje toplote za ogrevanje iz površinskih vodonosnikov, zalivanje vrta) pa ne plačujejo vodnega povračila.

Višine vodnega povračila po posameznih klasifikacijskih kategorijah rab vode in izjeme s količinskimi pragi so določene s predpisi, nazadnje z letos sprejeto Uredbo o plačilu za vodno pravico, ki je pridobljena na podlagi vodnega dovoljenja, in vodnem povračilu (Uradni list RS, št. 42/25; v nadaljevanju: Uredba).

Iz naslova vodnih povračil, ki so prilivi Sklada za vode, se je v letu 2023 zbralo nekaj manj kot 31 mio EUR.

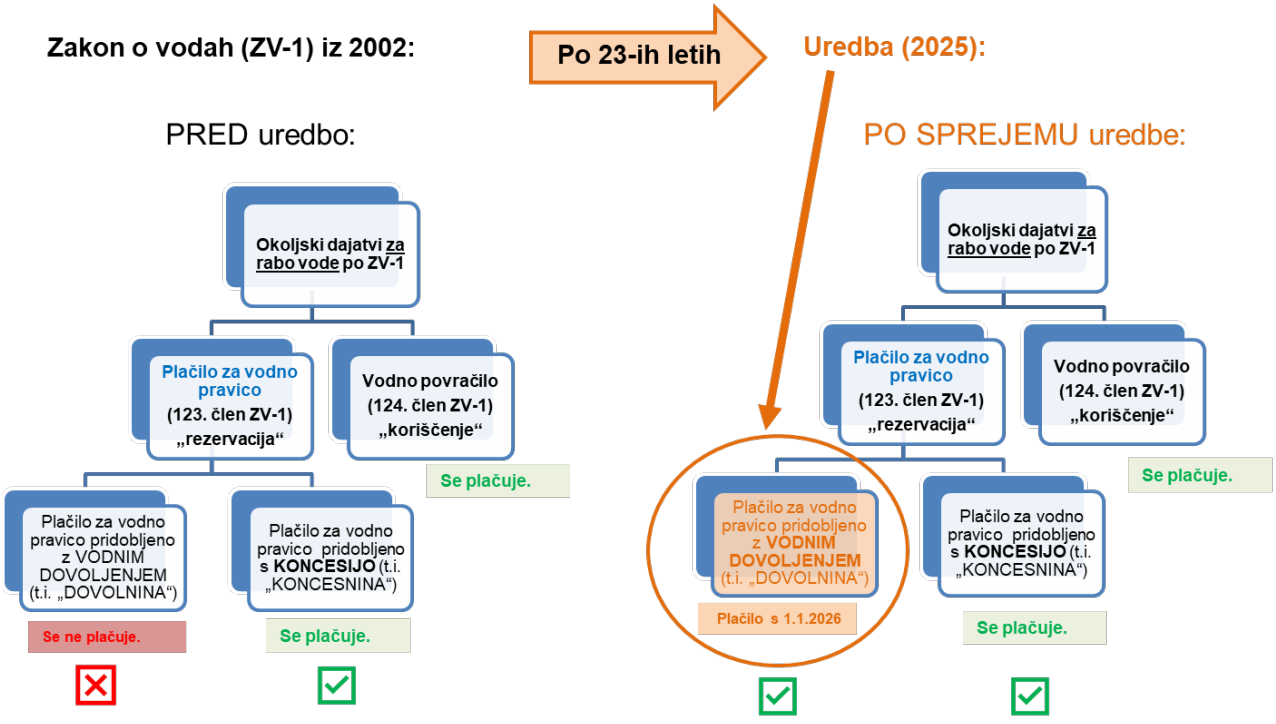
B. Druga dajatev, ki je določena z ZV-1 pa je plačilo za vodno pravico, ki temelji na ugotovitvi tako imenovanega stroška vira (ang. Resource Costs). Kriteriji za določitev višine plačila za vodno pravico so opredeljeni v 123. členu ZV-1, in so naslednji:
   1. razpoložljivost vode,
   2. namen, vrsta in obseg posebne rabe voda,
   3. višina sredstev za gradnjo potrebnih vodnih objektov in naprav,
   4. ekonomske ugodnosti, ki jih bo imetnik vodne pravice dosegel s posebno rabo voda,
   5. čas trajanja posebne rabe voda.

Kot je že podano, sta z ZV-1 določeni dve vrsti vodnih pravic, ki jih je potrebno pridobiti zaradi posebne rabe vode, to so koncesije in vodna dovoljenja, za kateri je treba plačati za samo vodno pravico. Kot je že omenjeno, dodatno obstaja še raba vode, evidentirana posebna raba vode, za katero, tako kot pri vodnem povračilu, ni potrebno plačati vodne pravice.

ZV-1 določa vrste rabe vode, za katere je potrebno pridobiti koncesijo. Gre predvsem za pomembnejše rabe, kot je proizvodnja elektrike iz velikih hidroelektrarn, rabo vode za proizvodnjo pijač iz lastnih virov, rabo mineralne in termalne vode za kopališča in ogrevanje ter za odvzemanje naplavin.

Plačilo za vodne pravice, ki so podeljene na podlagi koncesij, tako imenovane koncesnine, je urejeno s posameznimi uredbami in redkimi izjemami z zakonom (npr. Zakon o pogojih koncesije za izkoriščanje energetskega potenciala Spodnje Save (ZPKEPS-1)). Koncesnine so priliv Sklada za vode in v večini primerov v določenem deležu tudi občin. Višina letno zbranih koncesnin se giblje okoli 24 mio EUR (v Sklad za vode se prilije okoli 12 mio EUR) in je odvisna predvsem od hidroloških razmer in posledično od proizvodnje elektrike iz 21 velikih hidroelektrarn, slednje prispevajo okoli 80 % sredstev iz naslova koncesnin.

Čeprav je z ZV-1 že več kot 23 let določeno, da se vodno dovoljenje ali koncesijo podeli proti plačilu, do sprejetja Uredbe imetniki vodnih pravic, ki so pridobljene na podlagi vodnega dovoljenja, niso plačevali za pridobljeno vodno pravico (Slika 1). Omenjeno je večkrat ugotovilo tudi Računsko sodišče RS, nazadnje leta 2022. Za odpravo te pomanjkljivosti pri izvajanju zakonodaje in tudi za zagotovitev enakopravne obravnave imetnikov vodnih dovoljenj z imetniki koncesij, je ministrstvo pristojno za upravljanje voda leta 2021 Inštitutu za vode RS (v nadaljevanju: IzVRS) naročilo, da za potrebe sistemske prenove dajatev na področju rabe in obremenjevanja voda:
- pregleda dosedanjo dokumentacijo na tem področju v Sloveniji. Na primer več analiz in izhodišč za oceno popolnega povračila okoljskih stroškov in stroškov vode kot naravnega vira se je pripravilo na IzVRS leta 2013 in 2014,



Slika 1: Odprava neenakosti – enakopravna obravnava vseh imetnikov vodnih pravic

- pregleda tuje prakse za vrednotenje okoljskih stroškov in stroškov vira,
- pripravi izhodišča, določi merodajne faktorje in enačbo/e za določitev višine plačila za vodno pravico na podlagi vodnega dovoljenja ter tudi
- pripravi izhodišča, določi merodajne faktorje in enačbo/e za ustrezno določitev višine vodnega povračila z vključitvijo razpršenih obremenitev...

Omenjeno delo je bilo zahtevno, zlasti pregled in iskanje tuje prakse, ki bi bila primerna za prenos v slovenski sistem in bi v skladu z določbami Vodne direktive upoštevala ne le povračila stroškov storitev (finančnih stroškov) ampak tudi okoljske stroške in stroške vira (Kocijančič in sod., 2023). Kljub zahtevam vodne direktive še ne obstaja enotna metodologija za oceno tovrstnih stroškov (Berbel in sod., 2020) in obstajajo velike razlike med državami, predvsem zaradi zgodovinskih, podnebno-geografskih in gospodarskih značilnosti. Na primer v Republiki Avstriji se za vodno pravico ne plačuje, plača se samo enkratni znesek ob podelitvi vodne pravice, ki pa je administrativne višine. V Republiki Hrvaški pa imajo uvedenih večje število različnih plačil na področju rabe, urejanja in obremenjevanja voda, tako celinskih kot morja. Glavna razlika s Slovenijo je ta, da imajo na Hrvaškem uvedena vodni prispevek in plačilo za urejanje voda, ki ga za zmanjševanje škodljivega delovanja voda solidarnostno plačujejo vsi imetniki nepremičnin.

Večina držav že več let razvija lastne metodologije. Na primer države na severu Evrope, predvsem Nizozemska, zadnjih 20 let razvijajo sistem obračunavanja okoljskih stroškov na podlagi vrednotenja ekosistemskih storitev. Njihov sistem temelji na metodi SEEA EA - The System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting (SEEA, 2021), ki omogoča oceno okoljskih stroškov v vseh segmentih okolja, tudi za vodno okolje. Poleg ekosistemskih storitev z neposredno uporabno vrednostjo (ang. direct use value) upoštevajo tudi ekosistemske storitve s posredno uporabno vrednostjo (ang. indirect use value) ter ekosistemske storitve z vrednostjo neuporabe (ang. non-use value). Ravno tako vključujejo tudi vse štiri ravni ekosistemskih storitev: oskrbovalne, uravnalne, kulturne in podporne, ki so opredeljene v MEA klasifikaciji (MEA, 2003). Dodatno, tudi Estonija je z vstopom v Evropsko unijo začela s celovito prenovo okoljskih dajatev (Environmental Charges Act – Estonija, 2005). Z zakonom je predpisana cena oz. stopnja dajatve za koriščenje naravnega vira, ki je določena glede na stanje vira, kraja uporabe, kakovosti, razpoložljivosti zalog in tveganj za obremenitve okolja.

Zaradi omenjene kompleksnosti in stalnih sprememb v stanju in obremenitvah okolja, vrednosti obstoječe rabe in oportunitetnih koristi ali stroškov, bi se morala tako imenovana vodna cenovna politika stalno razvijati in prilagajati. Omenjeno je vsekakor cilj slovenskega upravljanja voda in politike. V prvem koraku pa se je želelo odpraviti neenakosti pri plačevanju za vodne pravice (Slika 1), izboljšati gospodarno rabo vode in uskladiti rezervirane količine vode z dejansko porabo, ob tem pa zagotoviti ustavno pravico do pitne vode. Omenjeno je predmet predmetne Uredbe s katero je bil določen tudi način in obseg plačevanja za vodne pravice, ki so podeljene na podlagi vodnih dovoljenj. Slednje je podrobneje predstavljeno v naslednje poglavju.

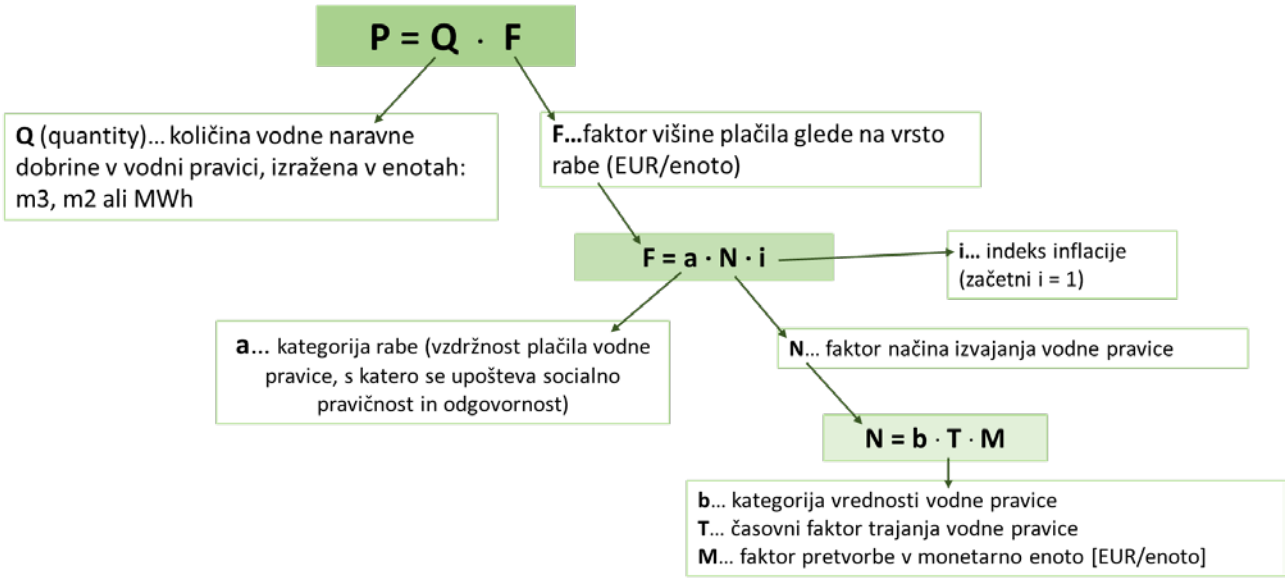
Razvoj enačbe za plačilo dovolnine

Kot je bilo že povedano se je na IzVRS na podlagi pregleda različnih tujih praks ter strokovno znanstvene literature, predvsem s področja ekonomike vrednosti in stroškov vode (Rogers in sod., 1998) pripravilo izhodišča, določilo merodajne parametre ter njihove vrednosti in enačbo za določitev višine plačila za vodno pravico na podlagi vodnega dovoljenja (Kocijančič in sod., 2023). Merodajni parametri, njihove vrednosti in enačba so se v letu 2024 še dodatno dopolnili iz vidika poenostavitve in z vključitvijo dodatnega parametra pretvorbe v monetarno enoto.

Tako je v Uredbi upoštevana enačba za določitev višine plačila dovolnine, ki jo prikazuje Slika 2 in so vključeni parametri podrobneje predstavljeni v nadaljevanju.

V glavni enačbi za izračun dovolnine je **Q** (ang. quantity) količina vodne naravne dobrine v vodni pravici, izražena v enotah m^3, m^2 ali MWh in **F** faktor, s katerim je določena višina plačila glede na vrsto rabe, izražen v EUR/enoto. Za **Q** se pri rabi vode za oskrbo s pitno vodo upošteva dejansko porabljena (ali tudi napovedana) količina vode, pri drugih rabah pa dovoljena količina vodne naravne dobrine, izražena v enotah m^3, m^2 ali MWh, kot izhaja iz posameznega vodnega dovoljenja.

V enačbi za izračun faktorja F pa je **a** kategorija rabe vode, s katero se družbenoekonomske okoliščine (na primer recesija, prehranska varnost, dostop do pitne vode). **N** je faktor kategorije načina izvajanja vodne pravice in **i** indeks inflacije. Vrednosti faktorja **a** za posamezne kategorije rabe določi vlada RS, se pa gibljejo med 0,01 in 1. Faktor **i**, indeks inflacije, je ob sprejemu Uredbe enak 1,000 in se vsakoletno usklajuje z letno inflacijo.



Slika 2: Enačba za izračun dovolnine, njena razčlenitev in podaja merodajnih parametrov

Naslednja tabela podaja kategorije in njihove pripadajoče vrednosti faktorja **a**.

	a: KATEGORIJA RABE VODE	Veljavna vrednost a
1	Vodooskrba	**-**
2	Pridelava hrane (kmetijstvo/ribogojstvo)	**0,02**
3	Gospodarstvo - tehnološke rabe, energija	**0,5**
4	Gospodarstvo - termo in jedrska elektrarna	**1**
5	Gospodarstvo - turizem	**0,3**
6	Gospodarstvo - proizvodnja pijač	**1**
7	Gospodarstvo - odvzem naplavin	**1**
8	Rabe za izboljšanje okolja, ohranjanja kulturne dediščine, neprofitna raba in šport	**0,02**

Tabela 1: Vrednosti faktorja **a** glede na različne kategorije

V enačbi za izračun faktorja N pa je **b** kategorija vrednosti vodne pravice, **T** časovni faktor trajanja vodne pravice in **M** faktor pretvorbe v monetarno enoto , ki je izražen v EUR/enoto (m^3, m^2 ali MWh).

Vrednosti faktorja **b** za posamezne vrste rabe, ki upošteva, ali je vodno naravno dobro nepovratno odvzeto in redkost ter vrednost določene vrste naravne vodne dobrine. Vrednosti faktorja **b** so bile strokovno določene in jih podaja naslednja tabela.

	b: Vrednost vodne pravice	
1	Povratni odvzem površinske ali podzemne vode	**0,5**
2	Odvzem naplavin, delno povratni odvzem površinske ali podzemne vode	**0,8**
3	Povratni odvzem termalne/mineralne vode	**1,1**
4	Delno povratni odvzem termalne/mineralne vode, raba vodnih zemljišč (morje in celinske vode), nepovratni odvzem površinske ali podzemne vode	**1,4**
5	Nepovratni odvzem termalne/mineralne vode	**2**

Tabela 2: Vrednosti faktorja **a** glede na različne kategorije

Vrednost časovnega faktorja **T** se določi v deležu trajanja vodnega dovoljenja do najdaljšega možnega trajanja vodne pravice, to je 50 let. Ker se vodna dovoljenja podeljuje v trajanju 30 let in ker se koncesije podeljuje praviloma v trajanju 50 let, je faktor **T** za izračun plačila za vodna dovoljenja, to je dovolnine, enak **T = 30/50 = 0,6**.

Vrednosti faktorja pretvorbe v monetarno enoto **M** so določene na podlagi umerjanja s plačili koncesnin, sedanjih in preteklih pred prekvalifikacijo iz koncesije v vodno dovoljenje (pravica za rabo vode za ribogojstvo in proizvodnjo elektrike iz malih hidroelektrarn je bila do leta 2012) z upoštevanjem revalorizacije zaradi inflacije. Vrednosti faktorja **M** za posamezne vrste rabe podaja naslednja tabela.

M: Faktor pretvorbe v monetarno enoto [EUR/enoto]		Merska enota	EUR/ enoto
1	Povratni odvzem	m^3	**0,0020**
2	Nepovratni odvzem	m^3	**0,1853**
3	Nepovratni odvzem - proizvodnja pijač	m^3	**4,4104**
4	Raba gravitacijskega potenciala	MWh	**7,2855**
5	Odvzem toplote	MWh	**0,4924**
6	Raba vodnih zemljišč	m^2	**1,3261**
7	Naplavine	m^3	**0,6810**

Tabela 3: Vrednosti faktorja **M** glede na različne kategorije

S predstavljeno enačbo, pripadajočimi faktorji in njihovimi vrednostmi za izračun dovolnine se je zadostilo drugemu odstavku 123. člena Zakona o vodah, ki določa kriterije, ki jih je treba upoštevati pri določitvi plačila za vodno pravico. Naslednja tabela prikazuje te kriterije in v katerih faktorjih v podani enačbi za izračun višine dovolnine so upoštevani.

Kriteriji drugega odstavka 123. člena ZV-1	Faktorji enačbe
1. razpoložljivost vode	**b**
2. namen, vrsta in obseg posebne rabe voda	**a**
3. višina sredstev za gradnjo potrebnih vodnih objektov in naprav	**M, a**
4. ekonomske ugodnosti, ki jih bo imetnik vodne pravice dosegel s posebno rabo voda	**M, a, i**
5. čas trajanja posebne rabe voda	**T**

Tabela 4: Vrednosti faktorja **a** glede na različne kategorije

Razprava in zaključek

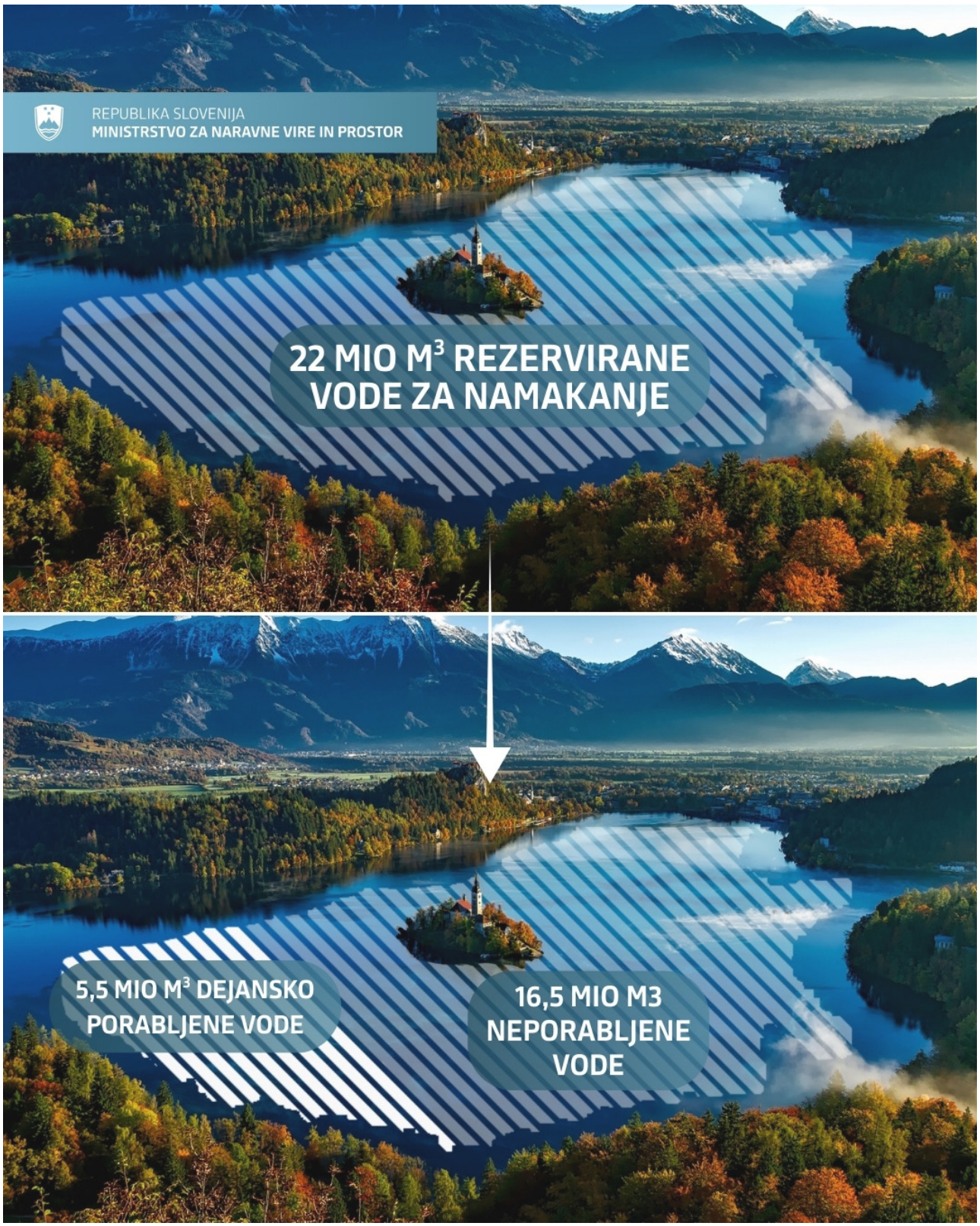
S predstavljenim metodološkim pristopom in z Uredbo uveljavljeno enačbo ter vrednostmi vključenih faktorjev se je višino plačil dovolnine ustrezno uskladilo z uveljavljenimi plačili koncesnin in v razmerjih glede na vrednost in trajanje samih vodnih pravic. Najbolj negotov oziroma občutljiv element v enačbi je faktor pretvorbe v monetarno enoto M, ki je bil določen na podlagi umerjanja s koncesninami. Je pa faktor M v tej fazi, ko še ni vzpostavljen ustrezen sistem spremljanja in vrednotenja okoljskih in drugih stroškov, nujno potreben, da se relativno določena razmerja med različnimi vrstami rabe postavijo v absolutni sistem. V tej fazi pa je bilo to možno edino z umerjanjem na obstoječ sistem plačil koncesnin, za katerega se sklepa, da temelji na upoštevanju kriterijev drugega odstavka 123. člena ZV-1.

Od sprejetja Uredbe v mesecu juniju 2025 se je pojavilo več vprašanj in pomislekov, da bodo določena podjetja ali sektorji plačevali nesorazmerno več za pravico za rabo vode. Takšno vprašanje se je postavilo tudi s strani proizvajalcev pijač, ki nimajo koncesije, ampak vodno dovoljenje, kar je mogoče v primerih, če uporabljajo vodo iz objektov in naprav za oskrbo s pitno vodo. Odgovor, ki je bil posredovan, je sledeč:

Večina proizvajalcev pijač ima vodno pravico, ki je podeljena s koncesijami. Koncesnina, ki jo za to plačujejo se giblje med 4,6 EUR/m^3 do 11,8 EUR/m^3 uporabljene vode v pijači. Višina koncesnine je odvisna, od vrste proizvedenih pijač (pivo, brezalkoholna pijača, naravna mineralna voda) in čistega dobička od prodaje pijače. Na primer za pivovarja, ki je plačal koncesnino v višini 10,5 EUR/m^3 za vodo za proizvodnjo piva, je strošek koncesnine okoli 0,005 EUR na pollitrsko steklenico prodanega piva, to je pol centa. Proizvajalci pijač, ki pa so vodo za proizvodnjo pijač odvzemali iz vodooskrbnega sistema, in so za to vodno pravico imeli vodno dovoljenje, do sprejetja Uredbe niso plačevali dovolnine. S sprejemom Uredbe bodo tudi proizvajalci pijač, ki imajo vodno dovoljenje, za 1 m^3 rezervirane vode za proizvodnjo pijače plačali 3,7 EUR/m^3. To je manj, kot proizvajalci pijač, ki imajo koncesije. To pa zato, ker se je pri določanju višine plačila upoštevalo trajanje vodne pravice in z vodnim dovoljenjem dovoljeno količino vode. Koncesije so praviloma pravice z daljšim trajanjem. Omeniti pa je potrebno, da se bo dovolnina plačevala na podlagi dovoljene ali rezervirane količine vode, ki pa je v primerih proizvajalcev pijač, ki imajo vodno dovoljenje, lahko precej višja od dejansko uporabljene vode v pijači. V takih primerih je na imetniku vodnega dovoljenja, da pravilneje oceni potrebe po vodi za proizvodnjo pijač in preveri ali res vodo iz te vodne pravice uporablja izključno za proizvodnjo pijač ali mogoče tudi za druge potrebe, na primer za tehnološke namene.

Kot je bilo že omenjeno ni bil namen sprejetja Uredbe samo odprava neenakopravne obravnave, temveč tudi spodbujanje gospodarne rabe vode. Na podlagi analiz podatkov se je ugotovilo, da pri vseh rabah obstaja nesorazmerje med dejansko porabljenimi in dovoljenimi (rezerviranimi) količinami vode. Ponazoritev splošnega problema je prikazana na primeru rabe vode za namakanje, kjer je s podeljenimi vodnimi dovoljenji rezervirano okoli 22 mio m^3, dejansko pa se porabi okoli 5,5 mio m^3 vode (Slika 3).

Kakšen bo priliv v Sklad za vode iz naslova dovolnin? Na podlagi ocene glede na podeljene količine vode z vodnimi dovoljenji, višina dovolnine znaša okoli 17,7 mio EUR. Vendar se pričakuje, da bo priliv zaradi prilagoditev rezerviranih količin v vodnih dovoljenjih, glede na dejansko porabljene količine vode, manjši.



Slika 3: Primerjalni prikaz količin rezervirane in dejansko porabljene vode za namakanje (vir: https://www.gov.si/novice/2025-09-22-za-namakanje-rezervirane-skoraj-toliko-vode-kot-je-ima-blejsko-jezero-porabljena-pa-le-cetrtina/)

Viri

Berbel, J., Expósito, A. 2020. The theory and practice of water pricing and cost recovery in the Water Framework Directive. Water Alternatives 13(3), 659-673 str. URL: https://www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/vol13/v13issue3/602-a13-3-20/file

Environmental Charges Act – Estonija. 2005. URL: https://www.riigiteataja.ee/en/eli/ee/Riigikogu/act/508092022001/consolide/

Kocijančič, U., Sirnik, N., Godnič, B., Šantl, S. 2023. Strokovno razvojna podpora sistemski prenovi dajatev na področju voda, cenovni politiki in zasnovi informacijske podpore za sistem dajatev ter nadgradnja metodologije za določitev višine dajatev za rabo vode

MEA – Millennium ecosystem assessment: Ecosystems and Human Well-Being (A Framework for Assessment). 2003. Washington, Island Press. URL: http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf

Rogers P, Bhatia R, Huber A, 1998. Water as a social and economic good: How to put the principle into practice. Global Water Partnership, Technical Advisory Committee. URL: https://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/bitstream/handle/10535/4989/TAC2.PDF?sequence=1/

SEEA. 2021. System of Environmental-Econimic Accountin Ecosytem Accounting, 2021, URL: https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/documents/EA/seea_ea_white_cover_final.pdf , 14.2.2023

Sirnik, N., Šantl, S., Kocijančič, U., Peček, M., Godnič, B. 2022. Analiza možnosti in potreb po širitvi okoljske dajatve na druge rabe iz pravilnika o klasifikaciji vrst posebne rabe vode in naplavin. Inštitut za vode Republike Slovenije, Ljubljana, 2022, Program dela 2022 za Ministrstvo za okolje in prostor.



Interventna dela za zaščito objektov in zagotovitev pretočnosti reke Meže v Žerjavu po poplavi avgusta 2023.
Izvajalec: VGP DRAVA Ptuj d.o.o.,
Foto: Lovro Stopar

01

Izvajanje interventnih del po neurju avgusta 2023

IZVAJANJE INTERVENTNIH DEL PO NEURJU AVGUSTA 2023 – VLOGA VGP DRAVA PTUJ KOT KONCESIONARJA

mag. Bernardka Jurič,
VGP DRAVA Ptuj d.o.o., Žnidaričevo nabrežje 11, 2250 Ptuj

Blaž Ivanuša, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.,
VGP DRAVA Ptuj d.o.o., Žnidaričevo nabrežje 11, 2250 Ptuj

Rok Ferme, univ. dipl .inž. gozd.,
VGP DRAVA Ptuj d.o.o., Žnidaričevo nabrežje 11, 2250 Ptuj

Martin Pušnik, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.,
VGP DRAVA Ptuj d.o.o., Žnidaričevo nabrežje 11, 2250 Ptuj

Povzetek

Neurje, ki je Slovenijo prizadelo med 3. in 6. avgustom 2023, je po obsegu in intenziteti padavin povzročilo eno največjih naravnih nesreč v zgodovini samostojne države. Izredne padavine, ki so zajele praktično celotno območje Slovenije, so povzročile obsežne poplave, številne zemeljske plazove, poškodbe cestne in komunalne infrastrukture ter izjemno obremenitev vodnogospodarskega sistema. Dogodek je bil po svoji naravi kompleksen, saj je združil elemente klasičnih nižinskih poplav in hudourniških havarij, obenem pa razkril številne sistemske omejitve, povezane z upravljanjem voda, prostorskim načrtovanjem in organizacijo intervencij.

Uvod

Na porečju reke Drave je ujma zajela celotno območje. Ekstremna količina padavin in hitro naraščanje voda sta povzročila nenadno in prostorsko razpršeno ogroženost, zato je bilo potrebno hitro in usklajeno delovanje več institucij. Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje (URSZR) je vodila aktivacijo in izvajanje državnega načrta zaščite in reševanja ob poplavah, v okviru katerega je usklajevala delovanje sil zaščite in reševanja ter razporejanje virov na državni in regijski ravni. Direkcija Republike Slovenije za vode (DRSV) je zagotavljala strokovno-tehnično podporo in usmerjala izvedbo tehničnih ukrepov na vodotokih. VGP DRAVA Ptuj je bil kot koncesionar neposredno vključen v izvedbo interventnih del – pri odstranjevanju naplavin, vzpostavitvi pretočnosti vodotokov, sanaciji erozijskih poškodb ter začasni zaščiti ogroženih objektov.

Poplave so z vidika organizacije dela preizkusile učinkovitost koncesijskega sistema. Koncesionarji so morali v zelo kratkem času mobilizirati razpoložljivo mehanizacijo, zagotoviti usposobljeno delovno silo, vzpostaviti logistiko in hkrati delovati v usklajenem okviru državnega kriznega načrta. Takšna stopnja mobilizacije zahteva ne le tehnične zmogljivosti, temveč tudi poznavanje lokalnega prostora, vzpostavljene komunikacijske poti in

zaupanje med izvajalci in lokalnimi skupnostmi. Prav te lastnosti – operativna pripravljenost, tehnične kompetence in lokalna vpetost – so bile v veliki meri odločilne, da je bila škoda na nekaterih območjih, kljub izjemni moči narave, omejena.

Vloga VGP DRAVA Ptuj v sistemu kriznega upravljanja voda je bila v tem kontekstu dvojna. Na eni strani je koncesionar izvajal nujne gradbene ukrepe, ki so omogočili stabilizacijo razmer in preprečili nadaljnje poškodbe vodne infrastrukture, na drugi pa je deloval kot povezovalni člen med DRSV, URSZR in občinskimi štabi Civilne zaščite. Takšna organizacijska vloga je bila ključna, saj je zahtevala hkratno razumevanje hidrotehničnih procesov, poznavanje postopkov zaščite in reševanja ter sposobnost delovanja v izjemno dinamičnem okolju.

Izvedba interventnih del v tako kratkem času je zahtevala usklajeno delovanje več deset ekip, razpršenih po celotnem območju koncesije. Posegi so obsegali odstranjevanje naplavin, utrjevanje brežin, zavarovanje mostov in cestnih prehodov, vzpostavitev pretočnosti ter izvedbo začasnih zaščitnih ukrepov za objekte in naselja. Številni posegi so potekali v neposredni bližini stanovanjskih območij, kjer so bile ogrožene tudi komunalne in energetske povezave. Posebnost dogodka je bila v tem, da so bile škode prostorsko zelo razpršene, kar je pomenilo, da je bilo treba vzpostaviti dinamičen sistem prioritet, ki se je dnevno prilagajal razmeram na terenu.

Razsežnost poplav avgusta 2023

Poplave, ki so Slovenijo prizadele med 3. in 6. avgustom 2023, so bile posledica izjemno intenzivnega in prostorsko obsežnega padavinskega dogodka, ki ga hidrometeorološki strokovnjaki uvrščajo med najhujše po letu 1990. Količine padavin, izmerjene na več meteoroloških postajah Agencije RS za okolje, so v številnih krajih presegle 200 milimetrov v manj kot 48 urah, ponekod celo 250 milimetrov. Intenzivni nalivi so sovpadli z že delno nasičenimi tlemi po predhodnih padavinah, kar je povzročilo izjemno hiter odtok vode v površinske tokove. Na več manjših hudourniških območjih so bili pretočni valovi tako strmi, da so v manj kot eni uri povzročili izdatno erozijo, poškodbe mostov in zasipavanje cest.

Severovzhodni del Slovenije je bil posebej prizadet, saj se je kombinacija obilnih padavin in visokih pretokov v gorskih zaledjih združila s počasnejšim odtokom nižinskih rek. Porečja Drave, Meže z Mislinjo, Dravinje in Pesnice so prestala sočasne poplavne valove, ki so maksimalno obremenili pretočne profile. V številnih manjših pritokih so se podrta drevesa, vejevje in kamenje zadrževali v ožinah in pod mostovi, kar je povzročilo lokalne zajezitve in začasno zadrževanje vode. Ko so se ti čepi sprostili, so se sprožili porušitveni valovi, ki so povzročali dodatne erozijske poškodbe in spodkopavali obrežno vegetacijo ter infrastrukturo.

Na hudourniških območjih Meže in Mislinje se je v nekaj urah oblikoval močan murast tok, ki je nosil velike količine plavja, zemljine in drobirja. Voda je s seboj odnašala plodno plast tal in lokalno spreminjala geometrijo strug, kar je povzročilo sekundarne razpoke in razjede na brežinah. Na nižinskih območjih – v porečjih srednje in spodnje Drave ter ob Pesnici in Dravinji s pritoki – je bila rast vodostajev počasnejša, vendar so se razlite vode ohranjale več dni in povzročile dolgotrajno poplavljenost kmetijskih površin. Voda se je razlivala po kmetijskih površinah in poplavljala izpostavljene predele naselij. Zaradi visokih vodostajev v glavnih odvodnikih je bil odtok iz pritokov oviran, kar je povzročilo zajezitve in razlivanje voda v zaledju.

Značilnost dogodka je bila prostorska razpršenost škode. Namesto ene same dominantne lokacije so bile poškodbe razpršene po celotnem porečju. To je pomenilo, da so bili izvajalci napoteni na več kot sto posameznih delovišč, pri čemer je bilo treba vsak dan sproti presojati prioritete. DRSV je vzpostavil sistem spremljanja razmer na osnovi poročil iz lokalnih območij, ki so jih pošiljali občinski štabi Civilne zaščite in koncesionarji. Na tej podlagi je bilo mogoče določiti območja, kjer je bilo potrebno takojšnje posredovanje – predvsem tam, kjer je obstajala neposredna nevarnost za naselja, ceste in objekte javne infrastrukture.

Po izredno namočeni zimi in seriji vremenskih dogodkov, ki so povzročili gmotno škodo poplave, plazovi, vetrolom) na območju porečja reke Drave, so Slovenijo med 3. in 6. Avgustom zajele obilne padavine, ki so bolj značilne za jesensko obdobje. Največ padavin je padlo v ozkem pasu od zahodne Slovenije proti Zgornjesavinjski dolini in Koroški, kjer so v noči na petek nastajale predfrontalne nevihte z močnimi in dolgotrajnimi nalivi. Z nastankom ciklonskega območja nas severnim Sredozemljem so krajevno izdatne padavine zajele celotno Slovenijo. Skupno je v 72 urah, do 6. avgusta zjutraj, v večjem delu Slovenije padlo med 100 in 300 mm dežja, manj le v delu Primorske in ob vzhodni meji s Hrvaško. Na območju porečja reke Drave so poplavljali vodotoki na porečjih Meže in Mislinje, Pesnice v zgornjem teku, Dravinje in zaradi obilnih padavin v Avstriji tudi reka Drava.

Ena od ključnih značilnosti neurja avgusta 2023 je bila tudi predhodna nasičenost tal. Zaradi predhodnih padavin in zasičenosti površinskih slojev so

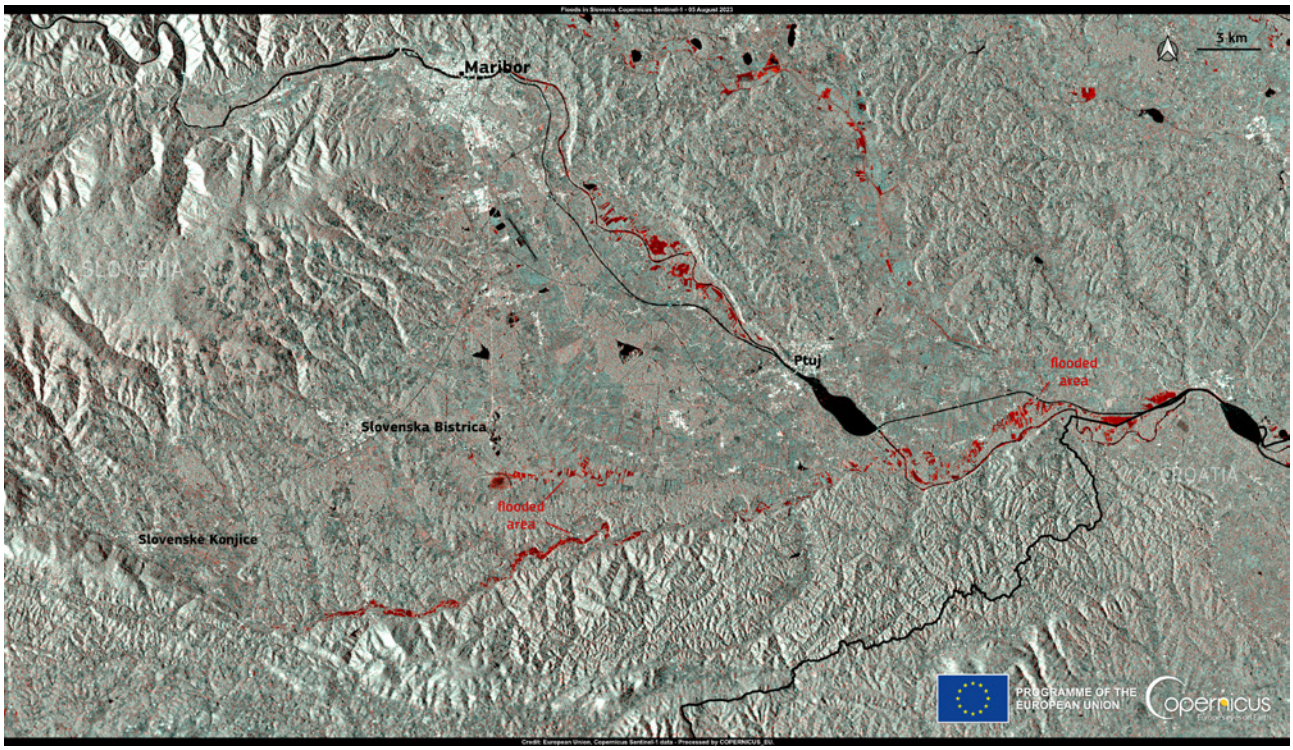
se že po prvih urah dežja začeli pojavljati površinski odtoki, ki so presegli zmogljivosti manjših odvodnikov. To je sprožilo verižno reakcijo – voda je v kratkem času sprožila erozijske procese, ki so destabilizirali brežine in nosili večje količine plavja in plavin. Hkrati so se zaradi razmočenosti tal sprožili številni zemeljski plazovi, tako površinski kot globlji, ki so dodatno ogrožali naselja, prometno infrastrukturo in pretočnost vodotokov. Na več mestih so bile brežine mehansko oslabljene, kar je povečalo tveganje za sekundarno erozijo tudi po umiritvi pretokov. Škoda je bila največja na mestih, kjer je bila rečna struga v preteklosti omejena s cestnimi nasipi, objekti ali ograjami, ki so preprečevale širjenje vode na poplavne ravnice.

Hidrometeorološke analize kažejo, da je bil dogodek rezultat kombinacije izredno intenzivnih lokalnih nalivov in dolgotrajne padavinske fronte, ki se je nad Slovenijo zadrževala več kot 72 ur. Posledično so bili vodotoki večkrat zapored obremenjeni z visokimi pretoki, kar je povzročilo ponavljajoče se poplavne valove. Po podatkih in analizah Agencije RS za okolje (ARSO) so bili na številnih merilnih mestih doseženi ali preseženi pretoki s povratno dobo sto let, v posameznih hudourniških porečjih pa celo tristoletno povratno dobo.

Posledice takšnega dogodka so bile večplastne. Poleg neposredne materialne škode so poplave povzročile tudi dolgotrajno degradacijo brežin, premike strug in spremembe v tokovih sedimentov. Na številnih lokacijah so bile struge zapolnjene z nanosi, ki so spremenili lokalno hidravlično geometrijo, kar bo v prihodnje zahtevalo dodatne sanacijske posege. Ujma je pokazala, da se ekstremni hidrološki dogodki pojavljajo vse pogosteje in zahtevajo sistematično pripravo podnebno odpornih rešitev, ki temeljijo na prilagodljivem načrtovanju in dolgoročni odpornosti vodne infrastrukture.

Za porečje Drave je bila značilna predvsem kombinacija hudourniških in nižinskih razlivanj. Takšna kombinacija je z vidika ukrepanja najzahtevnejša, saj zahteva hkratno uporabo težke mehanizacije, takojšnjo sanacijo erozijskih poškodb in zaščito naselij. Interventna faza se je zato začela že 4. avgusta, ko so bile prve ekipe usmerjene v odstranjevanje zajezb in zagotovitev pretočnosti. V naslednjih dneh se je sistem ukrepanja razširil na celotno območje, DRSV pa je v sodelovanju s Civilno zaščito in koncesionarji oblikoval dnevne prioritete glede na razmere v posameznih porečjih.

Največ škode je nastalo zaradi posledic kratkotrajnih obilnih padavin, ki so presegle 100-letno povratno dobo in predhodnih vremenskih dogodkov nastalo na Meži in njenih pritokih v občinah Črna na Koroškem, Mežica, Prevalje in Ravne na Koroškem. Zaradi velike količine plavja in sprožanja plazov, se je tvoril murasti tok, ki je po napolnjenosti strug in ob ovirah rinil material po ozkih dolinah. Zaradi zapolnjenosti strug in obnavljanja padavin so vodotoki poplavili naselja širšem obsegu.



Slika 1: Copernicus Sentinel-1 posnetek z dne 5.8.2025
(vir: https://www.copernicus.eu/en/media/image-day-gallery/devasting-floods-hit-slovenia)

Največje pretoke v zadnjih desetih letih so dosegle tudi reka Drava, Dravinja in Pesnica. Poplavne površine je zabeležil tudi satelit konstelacije Sentinel-1 (Slika 1).

Na območju porečja reke Drave, so bile v neurjih in poplavah od 3.do 6. avgusta prizadete vse občine: Benedikt, Cirkulane, Črna na Koroškem, Destrnik, Dornava, Dravograd, Duplek, Gorišnica, Hajdina, Hoče-Slivnica, Juršinci, Kidričevo, Kungota, Lenart, Ljutomer, Lovrenc na Pohorju, Makole, Maribor, Markovci, Mežica, Miklavž na Dravskem polju, Mislinja, Muta, Oplotnica, Ormož, Pesnica, Podlehnik, Podvelka, Poljčane, Prevalje, Ptuj, Rače-Fram, Radlje ob Dravi, Ravne na Koroškem, Ribnica na Pohorju, Ruše, Selnica ob Dravi, Slovenj Gradec, Slovenska Bistrica, Slovenske Konjice, Središče ob Dravi, Starše, Sveta Ana, Sveta trojica v Slovenskih Goricah, Sveti Andraž v Slovenskih Goricah, Sveti Jurij v Slovenskih Goricah, Sveti Tomaž, Šentilj, Trnovska vas, Videm, Vuzenica, Zavrč, Zreče, Žetale.

Dogodek avgusta 2023 je bil torej preizkus odpornosti slovenskega sistema upravljanja voda, tako tehnično kot organizacijsko. Pokazal je, da je kombinacija strokovnega znanja, koncesijskega sistema in vpetosti lokalnih izvajalcev ključna za hitro in učinkovito ukrepanje. Hkrati pa je razkril tudi potrebo po boljšem razumevanju hidroloških tveganj, trajnostnem prostorskem načrtovanju in dolgoročni strategiji vzdrževanja pretočnih koridorjev, ki morajo biti prilagojeni novim podnebnim pogojem.

Ukrepanje ob poplavah avgusta 2023

Sistem ukrepanja ob poplavah v Sloveniji temelji na jasni delitvi odgovornosti med državnimi, regionalnimi in lokalnimi strukturami. Ko so se 4. avgusta 2023 zgodaj zjutraj začele hitro dvigovati gladine rek in pritokov, je Agencija RS za okolje izdala opozorilo o izrednih hidroloških razmerah, Uprava RS za zaščito in reševanje (URSZR) pa je na tej podlagi aktivirala državni načrt zaščite in reševanja ob poplavah. To je pomenilo, da so se vsi ključni akterji – DRSV, Civilna zaščita RS, Slovenska vojska, občinski štabi, komunalne službe in koncesionarji – vključili v usklajen sistem kriznega delovanja.

DRSV je imela v tem sistemu vlogo strokovnega nosilca in koordinatorja vseh tehničnih ukrepov na vodotokih. V prvih urah po razglasitvi povečane ogroženosti je DRSV zbral podatke s terena in določil območja, kjer so bili potrebni takojšnji posegi za zagotovitev pretočnosti in stabilnosti vodotokov. Hkrati so bili aktivirani vsi koncesionarji, ki so na svojih območjih odgovorni za urejanje voda. VGP DRAVA Ptuj je prevzel naloge na območju svoje koncesije, ki vključuje porečja Drave, Meže z Mislinjo, Dravinje in Pesnice, s poudarkom na najbolj ogroženih območjih severovzhodne Slovenije.

Koncesionarji so v takšnih razmerah razširitev državnega sistema odziva. Medtem ko DRSV in Civilna zaščita zagotavljata strateško usmerjanje in koordinacijo, imajo koncesionarji ključno operativno vlogo – razpolagajo z mehanizacijo, kadri in lokalnim znanjem, ki omogoča hitro ukrepanje na vodotokih. VGP DRAVA Ptuj je v prvih urah po razglasitvi ogroženosti mobiliziral vso razpoložljivo gradbeno mehanizacijo, delavce in inženirje ter z ostalimi izvajalci in kooperanti vzpostavil kontaktne točke z DRSV in občinskimi štabi Civilne zaščite. Delo je bilo razdeljeno po porečjih, pri čemer je imelo vsako podporečje določenega vodjo, odgovornega za usklajevanje nalog in poročanje o izvedenih posegih.

Organizacijsko središče kriznega upravljanja je predstavljal državni štab Civilne zaščite, ki je vsak dan na podlagi poročil DRSV, ARSO in koncesionarjev odločal o prioritetah in razporejanju virov. Odločanje je temeljilo na dveh merilih: ogroženosti prebivalstva in infrastrukture ter tehnični izvedljivosti posegov. Pomembno vlogo pri tem so imeli regijski štabi Civilne zaščite, v katere so bili vključeni tudi predstavniki DRSV in koncesionarjev. S tem je bila zagotovljena neposredna komunikacija med operativnimi izvajalci na terenu in odločevalci, kar je omogočilo hitrejše sprejemanje odločitev in sprotno usklajevanje ukrepov.

VGP DRAVA Ptuj je na svojem območju izvajal ukrepe, ki jih je potrjeval DRSV, pri čemer so se prioritetne lokacije dnevno posodabljale glede na vremenske razmere, stanje vodotokov in dostopnost terena. Prisotnost strokovnjakov koncesionarja v regijskih štabih je bila ključna za razumevanje lokalnih razmer in za tehnično utemeljeno določanje prioritet. Na ta način je bil sistem zaščite in reševanja dopolnjen z neposrednim hidrotehničnim znanjem, kar je bistveno prispevalo k učinkovitosti izvedenih ukrepov.

Vzporedno s koordinacijo na nacionalni ravni je bila 6. avgusta 2023 aktivirana tudi prošnja za mednarodno pomoč preko Mehanizma EU za civilno zaščito. To je pomenilo dodatno dimenzijo organizacije, saj je bilo treba vključiti tuje ekipe, zagotoviti logistiko, tolmačenje in tehnično usklajevanje. DRSV je prevzel nalogo tehničnega vodstva pri delih na vodotokih, medtem ko so Civilna zaščita RS in URSZR skrbeli za namestitev, prehrano in varnost tujih ekip. VGP DRAVA Ptuj je v tej strukturi deloval kot ključni operativni partner




Sliki 2 in 3: Meža v Črni na Koroškem




Sliki 4 in 5: Meža v Žerjavu




Sliki 6 in 7: Jazbinski potok v Žerjavu

– zagotavljal je tehnično vodenje na terenu, povezavo med DRSV, občinami in tujimi enotami ter spremljanje izvedbe del.

Ena od posebnosti sistema ukrepanja med poplavami avgusta 2023 je bila visoka stopnja horizontalne koordinacije med posameznimi akterji. Koncesionarji, komunalna podjetja, gasilske enote, cestna podjetja in druge tehnične službe so na številnih območjih delovali usklajeno, brez administrativnih zastojev. To je bilo mogoče predvsem zato, ker so bile vse naloge združene v enoten operativni okvir, ki ga je vodila Civilna zaščita. Hkrati so bile vsak dan izvedene jutranje koordinacije, na katerih so se pregledale prioritete, razpoložljivost opreme in mehanizacije ter določile nove naloge.

Takšna organizacijska struktura se je izkazala za učinkovito predvsem zato, ker je omogočala hitro prilagajanje spremenjenim razmeram. V času, ko so bile komunikacije delno prekinjene, so bile odločilne predvsem lokalne povezave – osebni stiki med vodji ekip, župani in predstavniki DRSV. Na območjih, kjer so te povezave delovale dobro, je bilo delo izvedeno bistveno hitreje in z manj težavami.

Pri tem se je pokazalo, da je ključno, da so predstavniki koncesionarjev neposredno vključeni v regijske in občinske štabe Civilne zaščite, kjer prevzemajo tehnično odgovornost za usklajevanje in nadzor del na vodotokih. Takšna vključenost omogoča, da se odločitve o prioritetah in izvedbenih postopkih sprejemajo na podlagi realnih informacij s terena ter tehničnih presoj, ki jih podajo strokovnjaki z izkušnjami v upravljanju voda. Prisotnost predstavnikov VGP DRAVA Ptuj v štabih Civilne zaščite se je v praksi izkazala za izjemno koristno, saj je omogočila neposredno povezavo med strateškim odločanjem in operativnim delom.

VGP DRAVA Ptuj je imel pri tem pomembno vlogo, saj so njegove ekipe že dolgo sodelovale z lokalnimi skupnostmi in so dobro poznale tehnične ter prostorske značilnosti posameznih vodotokov. Takšno poznavanje terena, združeno z neposrednim vključevanjem v strukture odločanja, predstavlja model učinkovitega kriznega upravljanja, ki ga je smiselno ohraniti in nadgraditi tudi v prihodnje.

Zaradi obsega ujme je bila potrebna tudi notranja reorganizacija dela znotraj koncesionarja. Del osebja, ki je sicer zadolžen za redno vzdrževanje, je bil preusmerjen v krizne ekipe, ki so delovale v izmenah. S tem se je zagotovila stalna prisotnost ljudi in strojev na terenu. Kljub izjemnim obremenitvam je bil sistem dovolj prilagodljiv, da se je lahko odzval na vse nove zahteve, ki so se pojavljale iz dneva v dan.

Izvedba interventnih del

Izvedba interventnih del po neurju avgusta 2023 je bila eden najzahtevnejših organizacijskih in tehničnih preizkusov za vodnogospodarske ekipe v zadnjih desetletjih. Dela so potekala v pogojih, ko je bil dostop do številnih območij močno otežen, delno prekinjen ali popolnoma onemogočen. Prve ekipe VGP DRAVA Ptuj so bile na terenu že v dopoldanskih urah 4. avgusta, ko so se v več porečjih začele kazati prve poškodbe in zajezbe. Takratni prioriteti sta bili predvsem zagotovitev pretočnosti vodotokov in preprečevanje širjenja škode.

V prvih dneh po neurju je bila pozornost usmerjena v odstranjevanje naplavin in plavja, ki se je zadrževalo ob mostovih, prepustih in znotraj strug. Številni odseki so bili delno ali v celoti zajezeni z materialom, ki so ga s seboj prinesli hudourniški tokovi – podrta drevesa, kamnina, zemljina, gradbeni odpad in celo deli poškodova-

nih objektov. Takšne ovire so bile najnevarnejše, saj so povzročale lokalne zajezitve in nevarnost nenadnih pretrganj, ko je zajezba popustila. Na posameznih mestih je bil za odstranitev teh ovir potreben težek bagerski poseg z obeh bregov ali celo z vmesnih platojev, ki so jih ekipe oblikovale z nasipavanjem proda.

Po vzpostavitvi osnovne pretočnosti so ekipe nadaljevale z izrednimi ukrepi in ustalitvijo erodiranih odsekov. Na mestih, kjer je voda povzročila spodkopavanje ali zdrs materiala, so bili uporabljeni kamniti zloženci, večji prodniki in zbit gramoz, ponekod pa so bile vgrajene tudi geotekstilne podloge, ki so preprečevale nadaljnje spiranje materiala. Ker je bila hitrost toka na številnih hudourniških odsekih še vedno visoka, so bili ukrepi večinoma začasne narave – namenjeni predvsem preprečitvi dodatne erozije do umiritve razmer. V naslednjih tednih so bili ti odseki vključeni v načrte trajnejših sanacij, ki jih je pripravil DRSV v sodelovanju s koncesionarji.

Vzporedno s stabilizacijo brežin so ekipe izvajale posege na poškodovanih nasipih, kjer je obstajala nevarnost preloma ali pronicanja vode. Ti ukrepi so zahtevali hitre odločitve, saj so bile razmere na terenu iz ure v uro spremenljive. Nasipi so bili začasno utrjeni s prodom in ilovico, na najbolj izpostavljenih mestih pa tudi s kamnito oblogo. Dela so bila usmerjena predvsem na območja, kjer bi morebitna pretrganja lahko ogrozila naselja ali prometno infrastrukturo. Ker so bili številni dostopi do teh lokacij uničeni, so ekipe uporabljale improvizirane dostope in zasilne rampe, kar je zahtevalo dodatno tehnično znanje in previdnost.

Pomemben del izvedbe je predstavljalo čiščenje in preusmerjanje tokov v mestih, kjer je bilo strugo potrebno razbremeniti. Takšni posegi so bili izvedeni z minimalnimi tehničnimi sredstvi, pogosto zgolj z bagrom in tovornjakom, vendar so imeli velik vpliv na zmanjšanje nevarnosti. Na določenih lokacijah je bilo treba oblikovati začasne koridorje za odtok vode, s čimer se je preprečilo, da bi voda v celoti preplavila naselja ali prometne povezave. Te začasne rešitve so bile pozneje nadgrajene s trajnejšimi posegi, ki so jih potrdili projektanti v okviru načrtov sanacije.

Med ključne naloge v prvem tednu je spadala tudi vzpostavitev dostopnih poti do poškodovanih objektov. Brez dostopa težke mehanizacije ni bilo mogoče izvajati del, zato so bile gradbene ekipe pogosto primorane najprej vzpostaviti provizorične poti z uporabo lokalnih materialov. Ti dostopi so bili praviloma urejeni tako, da so omogočali enosmerno gibanje vozil in hiter umik v primeru ponovnega naraščanja voda. Na posameznih lokacijah so bila zasilna premostitvena mesta vzpostavljena s pomočjo vojaških enot in tujih ekip, ki so imele specializirano opremo za montažne mostove.

Posebno poglavje interventnih del je predstavljala odstranitev in premeščanje materiala, ki ga je voda odložila v strugah in na poplavnih ravnicah. Na nekaterih mestih so bili nanosi tako obsežni, da so zmanjšali pretočni profil in zahtevali izkop več tisoč kubičnih metrov materiala. Ta material je bil začasno deponiran na ustreznih površinah, deloma pa uporabljen za utrditev dostopov in brežin.

Interventna faza je zajemala tudi začasno zaščito objektov in infrastrukture, kjer so bili izvedeni nujni ukrepi za preprečitev nadaljnje škode. Na več lokacijah so bile izvedene zaščitne obloge iz kamnitega materiala, v nekaterih primerih pa tudi iz armiranobetonskih plošč, ki so služile kot provizorična stabilizacija. VGP DRAVA Ptuj je pri teh posegih sodeloval z DRSV in lokalnimi strokovnjaki, saj je bilo treba zagotavljati tehnično skladnost z varnostnimi standardi in hkrati upoštevati omejitve dostopnosti.

Posegi so bili opravljeni v izjemno težkih razmerah. Delovišča so bila razpršena, tereni pa nestabilni in pogosto nevarni. Kljub temu so bile poškodbe na kritičnih točkah v večini primerov odpravljene v nekaj dneh, kar je preprečilo sekundarne erozijske procese in večjo degradacijo brežin. Na številnih lokacijah je voda v naslednjih tednih še dodatno spreminjala strugo, kar je zahtevalo nadaljnje spremljanje in ponovne posege, vendar so bili osnovni pogoji za stabilnost vzpostavljeni.

Interventna dela so bila izvedena skladno z navodili DRSV in potrebami lokalnih skupnosti. Ta dvosmerna komunikacija med državno in lokalno ravnjo je bila ključna, saj so prav občine najhitreje zaznale nove nevarnosti in posredovale informacije o poškodbah. VGP DRAVA Ptuj je na tej osnovi prilagajal dnevne plane in zagotavljal razporeditev mehanizacije tja, kjer je bila najbolj potrebna. Takšen sistem delovanja se je pokazal kot učinkovit model odziva na naravne nesreče, kjer kombinacija tehničnega znanja, lokalnega poznavanja in prilagodljivosti zagotavlja hitre rezultate.

Čeprav so bili vsi ukrepi izvedeni kot interventni, so številni posegi že takrat predstavljali osnovo za kasnejše trajne sanacije. Izvedba del je omogočila pridobitev pomembnih izkušenj glede odzivnosti, materialov, logistike in sodelovanja med institucijami, kar bo služilo kot dragocena osnova za prihodnje posodobitve načrtov zaščite in reševanja ob poplavah.

Organizacija ukrepanja po poplavah avgusta 2023 je bila tako večnivojska in usklajena. Na državni ravni je Civilna zaščita zagotavljala krovno vodenje in koordinacijo pomoči, DRSV je skupaj z VGP DRAVA Ptuj, ki je bil eden ključnih izvajalskih stebrov na terenu, usmerjal vse tehnične ukrepe na vodotokih. Ta povezava med državnimi organi in koncesionarji se je izkazala kot odločilna za uspešnost intervencijskih del, saj je omogočila prehod iz strateških odločitev v konkretno izvedbo brez nepotrebnih zamud.

Dogodek avgusta 2023 je tako potrdil, da sistem koncesionarjev v Sloveniji ni zgolj izvajalski mehanizem, temveč integralni del nacionalne infrastrukture za krizno upravljanje voda. V prihodnje bo zato ključnega pomena, da se ta sistem še dodatno utrdi – z jasnimi komunikacijskimi protokoli, usklajenimi postopki in stalnim usposabljanjem, ki bo omogočilo še hitrejše in bolj usklajeno ukrepanje ob prihodnjih naravnih nesrečah.

Interventna dela po poplavah avgusta 2023 so bila organizacijsko najzahtevnejši del celotnega odziva na ujmo. V nekaj urah po razglasitvi povečane ogroženosti so se v sistem zaščite in reševanja vključile vse pristojne državne, lokalne in tehnične službe. Ključno vlogo pri koordinaciji so imeli koncesionarji, ki so s svojimi ekipami usmerjali in razporejali izvajalce po posameznih območjih. Sistem je moral hkrati zagotavljati pretočnost informacij, tehnično podporo, logistiko in varnost pri delu, kar je zahtevalo visoko stopnjo organiziranosti in prilagodljivosti.

Na državni ravni je bila koordinacija vzpostavljena prek državnega štaba Civilne zaščite, ki je dnevno odločal o prioritetah ukrepanja. DRSV je pripravljal tehnične usmeritve in posodabljal podatke o stanju vodotokov, medtem ko so koncesionarji, med njimi tudi VGP DRAVA Ptuj, skrbeli za izvedbo ukrepov na terenu. Na regionalni ravni so občinski štabi Civilne zaščite zbirali informacije o dejanskem stanju in jih posredovali naprej, koncesionarji pa so te podatke pretvorili v konkretne tehnične naloge. VGP DRAVA Ptuj je v okviru svojega območja izvajanja prevzel nalogo organiziranja gradbenih ekip, razporejanja mehanizacije, zagotavljanja goriva in materiala ter usklajevanja z lokalnimi oblastmi.

V praksi je to pomenilo, da so ekipe na terenu delovale po dnevnih načrtih, ki so jih zvečer potrjevali DRSV in Civilna zaščita. Vsako jutro so bili organizirani kratki operativni sestanki, kjer so se pregledale razmere, razpoložljivost strojev in prevozov ter določile lokacije, ki so zahtevale najhitrejše ukrepanje. Tak sistem stalne komunikacije je omogočal prilagajanje spremembam na terenu, saj so bile razmere dinamične, vodostaji nepredvidljivi, in dostopnost do delovišč pogosto negotova.

Mednarodna pomoč in sodelovanje

Posebno pomemben del koordinacije je predstavljala vključitev mednarodne pomoči, saj je obseg škode presegal domače zmogljivosti. Civilna zaščita RS je 6. avgusta 2023 uradno zaprosila za pomoč prek Mehanizma EU za civilno zaščito (UCPM) in Evroatlantskega centra Nata (EADRCC). V naslednjih dneh je v Slovenijo prispelo sedemnajst držav, ki so skupno poslale več kot sedemsto članov ekip in težko mehanizacijo, vključno z bagri, črpalkami, montažnimi mostovi in gradbenimi vozili. VGP DRAVA Ptuj je bil eden izmed koncesionarjev, ki so na svojem območju sodelovali pri tehnični uskladitvi delovanja teh enot, saj je poznal lokalne razmere in bil v stalnem stiku z DRSV ter občinami.

Mednarodne ekipe so bile razporejene predvsem na Koroško, Savinjsko in Podravje, kjer so pomagale pri čiščenju hudourniških nanosov, odstranjevanju naplavin in zagotavljanju dostopov. Delo tujih enot je potekalo v tesnem sodelovanju z domačimi ekipami VGP DRAVA Ptuj, ki so prevzele tehnično vodenje in usmerjanje operacij. V vsakem primeru so bili določeni terenski koordinatorji, ki so skrbeli za tolmačenje, varnost, logistiko in usklajevanje med ekipami. Tak sistem je omogočil učinkovito uporabo tujih virov brez podvajanja nalog in znotraj okvira nacionalnih prioritet.

Logistični izzivi so bili izjemni. Številni dostopi do rečnih koridorjev so bili uničeni, mostovi porušeni, ceste razmočene ali neprevozne. VGP DRAVA Ptuj je v sodelovanju z DRSV in občinami vzpostavil začasne logistične baze, v katerih so bile shranjene zaloge goriva, orodja in rezervnih delov ter organizirane servisne enote. V teh bazah so bile nameščene tudi mednarodne ekipe, ki so delovale na območjih brez neposredne cestne povezave. Vzpostavitev takšnih središč se je izkazala za eno ključnih odločitev, saj je omogočila, da so ekipe ostale operativne tudi tam, kjer je bila infrastruktura popolnoma porušena.

Kljub težavam pri dostopih, razmočenem terenu in nepredvidljivim pretokom so bila dela izvedena hitro in brez večjih zapletov. Posebno pomembna je bila vloga lokalnih prebivalcev in občinskih ekip, ki so z zagotavljanjem informacij in logistične pomoči prispevali k učinkovitosti delovanja. V številnih primerih so prav prebivalci pomagali usmerjati ekipe na kritična mesta ali omogočili dostop preko zasebnih zemljišč, kar je pokazalo visoko stopnjo sodelovanja in solidarnosti.

Celoten sistem koordinacije je temeljil na načelu dvosmerne komunikacije – informacije so se iz terena zbirale v realnem času, ob koncu dneva pa so bile posredovane državni ravni, kjer so služile za načrtovanje naslednjih faz. Tak sistem se je izkazal kot učinkovita podlaga za delovanje v kriznih razmerah. Kljub improviziranim razmeram je bila večina posegov izvedena po strokovnih standardih in pod stalnim nadzorom odgovornih oseb DRSV in koncesionarja.

Zaključek - vloga koncesionarja kot temelj operativne odpornosti

Dogodek avgusta 2023 je bil več kot naravna nesreča – bil je preizkus odpornosti slovenskega sistema upravljanja voda in potrditev, da koncesijski model v Sloveniji ni le pogodbeni, temveč strateški del nacionalne varnosti. VGP DRAVA Ptuj je s svojo prisotnostjo na terenu, organizacijsko pripravljenostjo in poznavanjem lokalnih hidroloških razmer dokazal, da so koncesionarji nepogrešljiv operativni steber sistema zaščite in reševanja.

Koncesionarji, ki delujejo v javnem interesu, niso zgolj izvajalci del, temveč strukturni del državne vodnogospodarske infrastrukture – z lastnimi mehanizacijskimi kapacitetami, strokovno usposobljenimi kadri, sistemom stalne pripravljenosti in vzpostavljenimi odnosi z lokalnimi skupnostmi. Prav te lastnosti so omogočile, da je bilo v prvih urah po ujmi mogoče učinkovito reagirati, ne glede na razmere, poškodbe infrastrukture ali prekinjene komunikacijske poti.

Izvedba interventnih del po neurju avgusta 2023 je razkrila tri ključne sistemske lekcije:

Pomen operativne pripravljenosti koncesionarjev.

Hitrost odziva ni odvisna le od formalne aktivacije, temveč predvsem od tega, da imajo koncesionarji lastne mehanizme za hitro mobilizacijo ljudi, opreme in goriva. VGP DRAVA Ptuj je s tem, ko je že v prvih urah organiziral več kot 20 gradbišč in več deset enot mehanizacije, pokazal, da je lokalna infrastruktura odziva ključna za uspešno krizno upravljanje.

Povezljivost in komunikacijska usklajenost.

Dogodek je potrdil, da je neposredna vključenost koncesionarjev v občinske in regijske štabe Civilne zaščite nujna. Le z neposrednim tokom informacij od terena do odločevalcev je mogoče hitro določati prioritete, prilagajati ukrepe in usmerjati resurse. Zato bi bilo smiselno, da ima vsak koncesionar vnaprej imenovane predstavnike v vseh ravneh kriznih struktur, skupaj z digitalno podporo (GIS-sledljivost del, baze mehanizacije, logistična razporeditev ipd.).

Koncesijski sistem kot dolgoročno varovalo odpornosti.

V prihodnje morajo biti koncesionarji obravnavani kot del stalne operativne pripravljenosti države – z namenskim financiranjem osnovne infrastrukture, tehnične zaloge materialov in rednimi usposabljanji. Brez stabilnega financiranja pripravljenosti in vzdrževanja mehanizacije ne bo mogoče zagotavljati enake odzivnosti ob prihodnjih ekstremnih dogodkih.
Izkušnje z izvedbe interventnih del so pokazale, da uspeh sistema temelji na zaupanju, strokovnosti in prisotnosti na terenu. Tam, kjer so bili koncesionarji neposredno vključeni v odločanje in kjer so bile logistične poti pravočasno vzpostavljene, so bile posledice ujme bistveno manjše.

Dogodek avgusta 2023 zato ni le dokaz učinkovitosti obstoječega sistema, temveč tudi poziv k njegovi nadgradnji. Potrebujemo trajno vzdrževan, institucionalno podprt in strokovno voden sistem vodnogospodarskih koncesij, ki bo hkrati orodje kriznega odziva in dolgoročne podnebne prilagoditve.

Le s takšnim sistemom bo Slovenija lahko zagotovila varnost prebivalcev, ohranila funkcionalnost vodne infrastrukture in ob prihodnjih naravnih nesrečah delovala enotno, hitro in strokovno utemeljeno.

Viri

ARSO, 2023. Izjemne poplave v Sloveniji med 4. in 8. avgustom 2023. Poročilo Urada za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo.

Kobold, M., 2024. Največje poplave na Savi in Dravi v zgodovini meritev. Zbornik 35. Mišičev vodarski dan 2024, Vodnogospodarski biro Maribor.

Dobnik Jeraj, M., Jereb, L., 2024. Sprejem in uporaba mednarodne pomoči – primer poplav v Sloveniji leta 2023. Ujma, št. 38, Ljubljana, URSZR.

Donau, N. 2024. Dejavnosti poveljnika Civilne zaščite in štaba Civilne zaščite Občine Mežica ob poplavah avgusta 2023. Ujma, št. 38, Ljubljana, URSZR.

ALI JE REORGANIZACIJA DEJAVNOSTI VODARSTVA PO IZVEDENIH INTERVENTNIH IN SANACIJSKIH UKREPIH RES POTREBNA?

Borut Roškar, univ.dipl.inž.gradb.

Roman Kramer, univ.dipl.inž.gradb

Povzetek

Ob nastanku katastrofalnih poplav avgusta 2023 so se med prvimi v izvajanje interventnih del aktivno in brez odlašanja vključili tudi koncesionarji na področju urejanja voda. Dela so se izvajala ob aktivnem sodelovanju koncendenta (DRSV) in civilne zaščite, kjer so se usklajevale in določale prioritete ter vsi potrebni ukrepi na terenu za vzpostavitev pretočnosti vodotokov, ukrepi za zaščito prebivalcev in javne infrastrukture.

Danes, dve leti po uspešno zaključenih interventnih ukrepih, pa se postavlja vprašanje organiziranosti in učinkovitosti vodarske stroke pri koncesionarjih, ki je s pravočasnim in strokovnim odzivom zagotovila svojo pomoč.

V referatu je predstavljen pogled strokovne javnosti na izvedbo interventnih in dosedanjih sanacijskih ukrepov, pregled pozitivne in negativne organizacijske aktivnosti in predlog ukrepov za izboljšan odziv ob podobnih dogodkih v prihodnosti. Predstavljen je tudi pogled na nekatere aktivnosti za ideje o reorganizaciji dejavnosti vodnega gospodarstva v prihodnje.

Uvod

Močno neurje z večdnevnim obilnim deževjem s poplavami in plazovi 4. avgusta 2023, je zajelo širše območje Slovenije. Najizraziteje je prizadelo območja od Severnoprimorske, Gorenjske, Posavske, Zasavske, Savinjske, Mežiške in Podravske regije. Seveda ni prizaneslo niti dolenjski in pomurski regiji, vendar v manjšem obsegu.

Zaradi intenzivnih padavin so narastle reke in hudourniki. Na številnih vodotokih je zaradi tega prišlo do poškodb vodne infrastrukture, vodnih in priobalnih zemljišč. Poškodbe so se izražale kot poglobitve strug in z izrazitimi erozijskimi poškodbami. Na vodni infrastrukturi, ki je bila v preteklosti zaradi pomanjkanja sredstev in posledično nezadostnega vzdrževanja bistveno bolj ranljiva, pa je prišlo do spodjedanja, delnih ali popolnih rušitev objektov. Na odsekih vodotokov z manjšim padcem oziroma na odsekih, kjer drugi posegi v vodotok predstavljajo oviro v pretočnem profilu, pa je prišlo do odlaganja plavja in naplavin. Poleg ekstremnih pretokov je na škodo na vodotokih vplivalo tudi podrto drevje in sproženi zemeljski plazovi. Posledično se je zmanjšala pretočnost strug in prišlo je do prelivanja visokih voda iz strug vodotokov in porušitev pod-dimenzioniranih cestnih mostov, ki so povzročili še dodatne nevšečnosti.

Že ob napovedih hidroloških opozoril in še posebej po prejemu prvih podatkov o padavinah in pretokih so izvajalci gospodarske javne službe na področju urejanja voda (koncesionarji) skupaj s predstavniki Sektorjev vodnih območij Direkcije RS za vode na prizadetih območjih pričeli z izvajanjem aktivnosti v času povečane stopnje ogroženosti zaradi škodljivega delovanja voda. Takoj ob napovedi povečane stopnje ogroženosti je bilo

vzpostavljeno dežurstvo, intenziviralo se je spremljanje stanja in razvoja dogodkov na vodotokih, ter spremljanje stanja in upravljanja pomembnejših objektov vodne infrastrukture. Med samimi ekstremnim dogodkom so bile možnosti za aktivno ukrepanje zaradi visokih voda in marsikje nezmožnosti dostopa do prizadetih območij minimalne, pa vendar, kjer so to razmere dopuščale se je z operativnimi ukrepi poskušalo zagotavljati minimalno pretočnost strug.

Takoj po umiritvi vremenskega dogodka se je pristopilo k izvedbi najnujnejših interventnih ukrepov zlasti odstranjevanje plavja in naplavin in s tem zagotavljanja vsaj minimalne pretočnosti poškodovanih odsekov vodotokov z namenom preprečevanja povečevanja škode na vodni infrastrukturi, vodnih in priobalnih zemljiščih in zavarovanja premoženja in življenj pred škodljivim delovanjem voda.

Hkrati s koordiniranjem operativnih aktivnosti so se izvajale strokovne naloge spremljanja stanja in ocenjevanje škode povzročene na vodnih in priobalnih zemljiščih na objektih vodne infrastrukture, ki so bile nujno potrebne za pripravo osnovnih programov za izvedbo interventnih aktivnosti in kasneje za pripravo celovite ocene škode na posameznih vodotokih, porečjih in končno vodnih območjih, kot je prikazano v priloženi tabeli št. 1.

Po katastrofalnih poplavah avgusta 2023 so koncesionarji v Sloveniji skupaj z Direkcijo RS za vode (DRSV) pričeli z izvedbo obsežnih ukrepov za vzpostavitev poplavne varnosti. Ukrepi za vzpostavitev pretočnosti so predvideni v več fazah in so del petletnega sanacijskega programa, ki se izvaja od leta 2024 do 2028.

Faza 1: Interventni in izredni ukrepi (avgust 2023 – junij 2024)
- Začetek del: že 5. avgusta 2023, takoj po ujmi.
- Obseg del: 1.486 delovišč, 843 km vodotokov.
- Vrednost del: 171,4 milijona €

Ključni cilji so bili:
- zagotovitev pretočnosti vodotokov,
- zaščita življenj in premoženja,
- stabilizacija brežin, nasipov,
- odstranjevanje naplavin in plavja.

Koncesionarji so z izvedbo interventnih del pričeli na podlagi Zakona o naravnih in drugih nesrečah, kasneje pa so dela izvajali po sklenjenih pogodbah z DRSV. Pri tem je dnevno in takoj po havariji ter najintenzivnejšem obdobju sodelovalo več kot 1.500 delavcev z več kot 1.000 stroji.

Sled težkemu zagotavljanju strojne opreme oz. neodzivnosti »prostovoljcev« v času izvajanja interventnih ukrepov je bila Vlada RS oktobra 2023 primorana sprejeti Uredbo o spremembi Uredbe o določitvi seznama storitev in cen opravljenih interventnih ukrepov na vodni infrastrukturi (UR.L. 118/23), na podlagi katere so se opravljale storitve. Veljavnost Uredbe je bila do 31.12.2023 oz. za čas izvajanja interventnih ukrepov oz. s podaljšanjem le te do 31.3.2024. Po tem obdobju so se dela ponovno izvajala po koncesijskih cenah oz. pogojih.

Faza 2: Sanacijski program (2024–2028)
- Skupna vrednost predvidenih ukrepov: 1,36 milijarde €
- Cilji:
  - trajna obnova vodne infrastrukture,
  - odpornost na podnebne spremembe,
  - sistemski pristop po porečjih (Savinja, Meža, Drava, Soča itd.).

Aktivnosti vključujejo:
- izdelavo investicijske in projektne dokumentacije,
- pridobivanje soglasij in dovoljenj,
- odkupi zemljišč,
- gradnjo novih objektov (nasipi, zadrževalniki, regulacije).

Sektor	**Ocenjena škoda** (z DDV)	**Interventna dela na vodah 2023** (z DDV)	**Sanacijski ukrepi na vodah 2024** (z DDV)
Sektor območja Soče	8.500.210,43	562.568	394.573
Sektor območja sp. Save	1.526.710,36	355.445	-
Sektor območja sr. Save	468.558.928,7	15.472.673	26.044.706
Sektor območja zg. Save	113.117.033,59	2.781.093	6.436.523
Sektor območja Savinje	434.201.725,82	11.023.002	33.713.779
Sektor območja Drave	278.233.653,44	8.142.703	17.399.495
Sektor območja Mure	18.250.830,68	3.530.402	6.781.083
Koncesionarji skupaj:		**41.927.605**	**90.118.418**
MNVP skupaj:	**1.322.389.093,02**		**171.400.000,00**

Tabela 1: Ocenjena škoda na vodni infrastrukturi po območjih (Vir: DRSV)

Predlogi za reorganizacijo dejavnosti

Danes, dve leti po uspešno zaključenih interventnih ukrepih in izvedbi nujnih sanacijskih del, pa **država postavlja vprašanje organiziranosti in učinkovitosti dejavnosti**, ki je s pravočasnim in strokovnim odzivom zagotovila izvedbo interventnih in sanacijskih ukrepov, kar je bistveno preseglo obseg, določen v Koncesijskih pogodbah. Da bi bolje razumeli vodno gospodarstvo, je potrebno pogledati v zgodovino organiziranja vodnogospodarske dejavnosti, ki se je ves čas izvajala kot državna gospodarska javna služba urejanja voda.

Zametki organiziranega izvajanja

Po letu 1945, ko je bilo treba obnoviti uničeno infrastrukturo, zaščititi naselja pred poplavami in razviti namakalne ter hidroenergetske sisteme, je država ustanovila specializirana vodnogospodarska podjetja, ki so bila organizirana regionalno, glede na glavna porečja.

Naziv podjetja	Sedež podjetja	Območje delovanja
VGP Drava Ptuj	Ptuj	Spodnja Drava s pritoki
Podjetje za urejanje hudournikov (PUH)	Radovljica	Hudourniška območja Gorenjske
VGP Maribor	Maribor	Zgornja Drava s pritoki
VGP Kranj	Kranj	Zgornja Sava s pritoki
VGP Novo mesto	Novo mesto	Krka s pritoki
VGP Brežice	Brežice	Spodnja Sava s pritoki
VGP Ljubljana	Ljubljana	Srednja Sava s pritoki
VGP Celje	Celje	Savinja s pritoki
VGP Murska Sobota	Murska Sobota	Mura s pritoki

Delovala so regionalno na nižinskih območjih, medtem ko je PUH pokrival hudourniška območja na širšem območju Slovenije. Njihova osnovna naloga je bila urejanje in vzdrževanje vodotokov, gradnja hidrotehničnih objektov ter izvajanje protipoplavnih ukrepov. Skupaj so v najintenzivnejši dobi, v času izgradnje hidroelektrarn (v 70. in 80. letih) zaposlovali več kot 4.000 oseb različnih strok.

Do konca 80. in začetka 90. let so ta podjetja delovala kot družbeno pravne organizacije ali kot podjetja v državni lasti. Financiranje se je zagotavljalo iz sistema samoupravnih prispevkov preko Območnih vodnih skupnosti, ki so bila povezana v Zvezo vodnih skupnosti. Z osamosvojitvijo Slovenije in prehodom v tržno gospodarstvo ter ob očitkih po neracionalnem oz. negativnem poslovanju, pa so se na podlagi Zakona o podjetjih (1990) in Zakona o lastninskem preoblikovanju podjetij (1992) začela postopoma preoblikovati v gospodarske družbe oz. pravne oblike kot so delniške družbe ali d.o.o.-ji. Lastništvo pa je bilo razpršeno med državo, sklade (SOD, KAD), občine in delavce. Pri tem so se posamezna podjetja preoblikovala po različnih postopkih lastninjenja.

Do uveljavitve Zakona o vodah (ZV-1) leta 2002 so ta podjetja še vedno izvajala velik del vodnogospodarskih nalog kot državna podjetja ali podjetja v večinski državni lasti.

Z uveljavitvijo novega zakona pa se je v letu 2006 na podlagi javnega razpisa začelo podeljevanje koncesij za izvajanje javne službe urejanja voda. VGP-ji, ki so se večinoma preoblikovali v delniške družbe ali družbe z omejeno odgovornostjo so z izjemo PUH-a, postali koncesionarji, ki izvajajo naloge po letnih pogodbah z državo (prek Direkcije RS za vode). Nekateri med njimi (Hidrotehnik, VGP Drava) še danes obstajajo v prvotni obliki, brez večjih organizacijskih sprememb in bodo v kratkem praznovali 80 let od ustanovitve. Ob tem pa je potrebno poudariti, da ima v nekaterih od njih (VGP Drava Ptuj d.o.o., VGP Novo mesto, Pomgrad VGP,...) država še vedno lastninski delež, ki ji omogoča upravljavske pravice pri vodenju in soodločanju v družbi in ima vpogled v njihovo poslovanje. Glede izvajanja javne gospodarske službe urejanja voda pa ima država oz. koncedent še dodatno možnost vpogleda oz. nadzora, saj ima vse evidence o naročanju storitev in opravljenih plačilih koncesionarjem.

V svoji dolgoletni zgodovini izvajanja nalog gospodarske javne službe urejanja voda v različnih organizacijskih oblikah in nalogah, so koncesionarji na podlagi ogromno izdelane različne dokumentacije ustvarili bogato arhivo dokumentov. Pridobili so veliko izkušenj ter poznavanja zakonitosti/problematike površinske odvodnje ter ustvarili veliko projektnih rešitev za zagotavljanje erozijske in poplavne varnosti ob vodotokih. Po ne-

uspeli pridobitvi koncesije s strani PUH-a, pa so novi koncesionarji prevzeli del kadrov in opreme PUH-a za zagotavljanje izvajanja nujnih nalog na hudourniških območjih. v obsegu in aktivnostih, kot jih je takrat zagotavljal upravljalec vodne infrastrukture, to je MOP-ARSO.

Naloge gospodarske javne službe urejanja voda so koncesionarji zagotavljali tudi v času ko za ta namen ni bilo zagotovljenih finančnih sredstev, kot tudi v času, ko so bile izredne razmere in je bilo potrebno opravljati te naloge izven rednega delovnega časa (ko je strošek nadur oz. dela ob nedeljah in praznikih višji) oz. ko je bilo potrebno opraviti ukrepe za zagotavljanje pretočnosti v nepredvidljivem obsegu. Tako je bilo tudi v času po nastanku izrednih razmer v avgustu 2023, ko so se vse aktivnosti izvajale na podlagi Zakona o naravnih in drugih nesrečah.

Danes, dve leti po vzpostavitvi bolj ali manj prvotnega stanja pretočnosti vodotokov na terenu, pa država postavlja vprašanje upravičenosti takšne organizacije vodnogospodarske javne službe urejanja voda s podeljevanjem koncesij.

Izdelava študije organiziranosti dejavnosti

Za potrebe reorganizacije dejavnosti vodnega gospodarstva je koncendent (MNVP) naročil strokovno študijo »**Pravno-ekonomska analiza modelov izvajanja obveznih državnih gospodarskih javnih služb na področju urejanja voda«** z namenom, da se preučijo možnosti načinov izvajanja gospodarske javne službe in s ciljem opredelitve najbolj optimalnega načina (modela) izvajanja obvezne gospodarske javne službe upravljanja voda, tako v smislu porabe finančnih sredstev kot v smislu najbolj učinkovitega nadzora nad njihovim izvajanjem.

Namen študije je bil pripraviti analizo, ki bi s pravnega, organizacijskega in ekonomskega vidika podrobno preučila smiselnost in učinkovitost vsakega od štirih možnih v študiji opisanih modelov izvajanja obveznih državnih gospodarskih javnih služb upravljanja voda. Študija je vključila izdelavo podrobnega stroškovnega izračuna ter oceno časa potrebnega za izvedbo preoblikovanja za vsak model posebej. Izdelana in oddana je bila v mesecu avgustu 2025 in bi naj koncendentu služila kot podlaga za bodočo organizacijo vodnogospodarske dejavnosti urejanja voda na območju celotne RS.

Pri tem je potrebno poudariti, da koncesionarji kot dosedanji aktivni izvajalci nalog urejanja voda, v izdelavo same študije niso bili vključeni, kot tudi niso bili vključeni drugi strokovnjaki s področja izvajanja vodnogospodarske javne službe urejanja voda. **Strokovna javnost je na podlagi izkušenj iz vodnogospodarske dejavnosti mnenja, da so v sami študiji uporabljena napačna izhodišča oz. predpostavke**, ki so ključne za samo izdelavo tako ekonomskih kot tudi strokovnih zaključkov študije. Naj izpostavimo samo nekatera ključna napačna izhodišča oz. zaključke, povzete v alinejah od 1 do 5:

1. Pri koncesionarjih je bilo v letu 2023 zaposlenih **610 oseb** od tega 566 oseb tehničnega in operativnega profila, ki so realizirali v letu 2023 cca **40 mio €** interventnih del in leta 2024 cca **90 mio €** sanacijskih del. Po izhodiščih, ki izhajajo iz omenjene študije pa naj bi novoustanovljeno javno podjetje ob zaposlitvi **517 delavcev** ustvarilo za cca **160 mio €** storitev gospodarske javne službe in vzdrževanja vodne infrastrukture. Pri tem opozarjamo na nekatera ključna, a zapostavljena dejstva:
   - Vsi koncesionarji so morali nazadnje leta 2019 ob objavi javnega razpisa za pridobitev koncesije na področju urejanja voda zagotoviti skupaj 401 strokovnih in operativnih delavcev z ustreznimi znanji in izkušnjami (minimalna delovna doba, strokovni izpiti IZS, nacionalne poklicne kvalifikacije,...). To število zaposlenih je bilo zahtevano za izvedbo rednih nalog GJS v predvidenem obsegu cca 17,2 mio €/leto.
   - V koncesijskem obdobju se je obseg finančnih sredstev za redno vzdrževanje povečeval na cca 40 mio € v letu 2024. Tak obseg je bil lahko realiziran ob povečanem številu zaposlenih, ki jih je trenutno cca 800 zaposlenih in podpori kooperantov, ki se lahko vključijo v omejenem obsegu.
   - V času izvajanja intervencij in nujnih sanacijskih del, ki je po obsegu merilo za letni promet novoustanovljenega javnega podjetja, pa je na interventnih in nujnih sanacijskih ukrepih sodelovalo dnevno tudi 1500 delavcev različnih strok in iz različnih gradbenih podjetij, ki so bili vključeni za različne potrebe in načine (projektanti, »prostovoljci«, kooperanti,...).
   - Ob neprestanih aktivnostih zaposlovanja strokovnih in operativnih delavcev s strani koncesionarjev kakor tudi ostalih gradbenih podjetij je v obravnavanem času celotna gradbena dejavnost soočena z velikim pomanjkanjem gradbenih delavcev. Tako lahko ugotovimo, da je večina gradbenih delavcev v zadnjem obdobju iz tujine. Ti delavci se nikakor ne vidijo kot zaposleni v javnih podjetjih, kjer bodo soočeni z raznimi omejitvami (višina plače, delovni čas, ustrezna izobrazba,...). **Kako se bo zagotovil kader v predvidenem obsegu v novoustanovljenem javnem podjetju pa v študiji niti z besedo.**

2. Avtorji študije ugotavljajo, da koncesionarji razpolagajo z 29 mio € osnovnih sredstev oz. s cca 23 mio € osnovnih sredstev v obliki težke gradbene mehanizacije, s katero so lahko opravili za cca 160 mio € objektov, kar bi moralo zadostovati tudi novoustanovljenemu javnemu podjetju.
   - Koncesionarji res razpolagajo z cca 23 mio € težke gradbene mehanizacije, ki jo imajo v lasti in ki je v veliki meri amortizirana, na trgu pa ima še vedno večjo prodajno vrednost. V tej vrednosti pa ni zajeta mehanizacija, ki je v finančnem najemu ali najemu s strani kooperantov za potrebe rednih nalog urejanja voda. Po naših izračunih bi za realizacijo takšnega obsega ukrepov (160 mio €) potrebovali težko gradbeno mehanizacijo v obsegu cca 80 mio € v kar pa niso všteta osebna in kombinirana vozila za prevoz delavcev na gradbišča.
   - Ali izdelovalci študije in odločevalci res mislijo, da bodo koncesionarji državnemu podjetju »prepustili« osnovna sredstva po računovodski vrednosti?

3. Koncesionarji so leta 2023 ustvarili 17 mio € dobička, ki bi ga lahko v javnem podjetju namenili za dodatne ukrepe na vodni infrastrukturi.
   - pri tem izdelovalci študije popolnoma zanemarijo, da koncesionarji ustvarjajo samo del prihodkov iz naslova koncesije, medtem ko ostale prihodke ustvarijo na javnih razpisih doma in v tujini. Koliko točno ta dobiček izvira iz koncesijske dejavnosti brez sodelovanja koncesionarjev ni moč ugotoviti! Je pa iz priložene tabele v nadaljevanju razbrati, da skupni prihodki koncesionarjev močno presegajo sredstva namenjana interventnim in sanacijskim ukrepom.

Koncesionarji	Realizacija 2023	%	Realizacija 2024	%
NIVO EKO d.o.o.	47.871.736		86.631.746	
HIDROTEHNIK d.o.o.	70.569.153		63.099.903	
VGP DRAVA PTUJ d.o.o.	34.268.286		39.027.625	
VGP NOVO MESTO d.d.	4.633.478		5.995.075	
POMGRAD - VGP d.d.	6.061.414		9.187.014	
HNG d.o.o.	15.057.964		17.668.019	
EHO PROJEKT d.o.o.	7.981.539		8.287.958	
Realizacija SKUPAJ	**186.443.570**		**229.897.340**	
Interventni in sanacijski ukrepi SKUPAJ	**41.927.605**	**22%**	**90.118.418**	**39%**

   - Ob tem se zanemarja še eno ključno dejstvo, da se lahko koncesijske naloge izvajanja vzdrževalnih del na vodni infrastrukturi, zaradi naravovarstvenih in drugih omejitev **izvajajo le cca 6-8 mesecev na leto** (izven obdobja gnezdenja, drstitve...). V tem delovno neaktivnem času, si morajo koncesionarji poiskati delo na drugem (javnem) gradbenem trgu, da lahko zagotovijo finančni tok za izplačilo plač zaposlenim in pokrivanje drugih stroškov. Sama študija ne obelodani in obdela te omejitve, ki pomeni minimalno cca 6-7 mio dodatnih stroškov dela na letni ravni. **Kakšne naloge bo javno podjetje izvajalo v tem času ?**
   - Nikjer v študiji se ne ugotavlja koliko bo država izgubila na postavki plačila davka od dobička s strani koncesionarjev, kar tudi ni zanemarljiva številka (po naši oceni cca 4,25 mio €).
   - Koncesionarji so velik del ustvarjenega dobička za zagotavljanje delovne sposobnosti in konkurenčnosti namenili za nabavo dodatnih kapacitet (strojnih, strokovnih in prostorskih) na zahtevnem gradbenem trgu, kar bo javnemu podjetju, ki naj nebi ustvarjalo dobička onemogočeno.
   - V študiji se nikjer ne izpostavi, da ima država kapitalsko udeležbo v štirih podjetjih (VGP Drava, VGP Pomgrad Mura in VGP Novo mesto, VGP Kranj) katerih vrednost kapitala je več kot 10 mio. Zato študija tudi ne obravnava kakšen bo negativen vpliv na vrednost kapitala države v primeru izgube koncesije.
   - V študiji se predpostavlja, da bo že ob cca 10% manjši učinkovitosti javnega podjetja le to poslovalo negativno. Po našem mnenju bo učinkovitost takšnega podjetja ob plačilnih in plačnih pogojih ter administrativnih oz. postopkovnih predpisih države (javni razpisi,...) manjša vsaj za 30 %.
   - Vsaka gospodarska družba, pa naj je zasebna ali državna, je ustanovljena po Zakonu o gospodarskih družbah in s tem zavezana k učinkovitemu poslovanju, ki ustvarja dobiček. In znano je, da je država kot upravljalec pri doseganju rezultata oz. dobička podjetja v delni državni lasti nepopustljiva v pričakovanju visokih donosov.

4. V študiji avtorji ugotavljajo, da koncedent (DRSV) ne izvaja zadostnega nadzora nad opravljenimi storitvami koncesionarja. Ta trditev je popolnoma neutemeljena in žal povzeta iz medijev.
   - S tem se je v medijih javno obtožilo DRSV, da ni sposobna voditi nadzora nad delom koncesionarja. Čudi nas, da se DRSV na to trditev ni odzvala oz. je negirala.
   - Izvajanje nadzora nad opravljenimi storitvami koncesionarja je stvar države oz. koncendenta, saj je on tisti, ki mora izvajat nadzor in ga dejansko izvaja v vseh fazah opravljanja koncesijskih nalog.
   - Dejstvo je, da se nadzor nad koncesionarjem izvaja skozi redno potrjevanje opravljenih terenskih ogledov in ustreznosti upravljanja vodne infrastrukture ter o tem pripravljenih

poročil. Nadzor se izvaja skozi revizije izdelane tehnične dokumentacije, skozi potrjevanje pripravljenih popisov s strani koncendenta predvidenih vzdrževalnih del in preverbo uporabe vodnogospodarskih normativov. Vse te kontrole so podlaga za izstavitev delovnih nalogov za izvedbo vzdrževalnih del. Na koncu pa je tu še nadzor s potrjevanjem opravljene količine dela, s potrjevanjem gradbenih dnevnikov in gradbenih knjig, kar je podlaga za izstavitev mesečnih situacij za opravljene strokovne ali operativne naloge. **Vse te naloge nadzora opravijo zaposleni na DRSV in ne rečni nadzorniki zaposleni pri koncesionarjih,** kot se napačno prikazuje v medijih in je zapečeno v glavah nekaterih odločevalcev.

- V kolikor DRSV po mnenju MNVP ne zmore nadzirati izvajalcev, ker ni sposobna zaposliti kvalificiranih nadzornikov, se postavi vprašanje, kako bo potem sposobna izvajat še operativno izvedbo in končno kdo oz. kako se bo potem izvajal nadzor nad deli, ki jih bo izvajalo javno podjetje.

5. Zavajajoča je tudi trditev, da je prednost javnega podjetja v popolnem nadzoru države nad izvajanjem nalog, kar omogoča boljše usklajevanje, odzivnost in dolgoročno načrtovanje, kar pa zahteva spremembo obstoječe uredbe in reorganizacijo DRSV.
   - Država ima oz. bi lahko imela popoln nadzor nad koncesionarjem oz. stanjem vodne infrastrukture, v kolikor bi si zagotovila enotne arhive in evidence od vseh udeležencev (projektanti, koncesionarji,...) že prejete dokumentacije, poskrbela za standarde in normative na področju vodarstva, izdala primere dobre prakse in vzpostavila za izvajanje javne službe učinkovite evidence objektov oz. stanja vodne infrastrukture (katastri, normativi, standardi,...), zagotovila oz. poenotila zahteve za spremljanje stanja naravnih in grajenih vodotokov, erozijskih in hudourniških območij ter varovanja za vode pomembnih območij (retencije, bodoči vodni viri, mokrišča...).
   - Velika večina teh podatkov in sistemskega poznavanja je na razpolago pri koncesionarjih, ki te naloge izvajajo že skoraj 80 let, v katerih so pridobili dragocena posebna znanja in informacije o porečjih.
   - V času nastopa izrednih razmer in posledično nujno potrebnih intervencij, je potrebno predvsem hitro ukrepanje in zagotovitev ukrepov za vzpostavitev pretočnosti oz. upravljanja s kritično vodno infrastrukturo. Velikokrat to pomeni tudi takojšnjo nabavo materialnih resursov (kamen, beton, les,...) in aktiviranje podizvajalcev s posebnimi znanji/opremo (naročilnice?) itd. **Kako se bo to lahko izvajalo oz. zagotavljalo v primeru izvedbe del v okviru javnega podjetja, ki bo zavezano postopkom javnega naročanja in nikakor ne bo moglo takoj ukrepati na terenu?**

Študija sicer podaja pregled izvajanja javne službe v različnih državah. Iz tega pregleda je razvidno, da je vsebina nalog po državah dokaj različna. Ker pa v študiji ni sinteze, ki bi prikazala razloge za in proti državnemu podjetju, niti ni ugotovitve, katere vsebine javne službe so med državnimi ureditvami iste, kot naj bi bil cilj urejanja v Sloveniji, teh vsebin iz študije ne opredeljujemo.

V sami študiji se med razdelanimi štirimi alternativami izvajanja državne gospodarske javne službe urejanja voda le dve izpostavita kot izvedljivi in sicer koncesijski model ali novoustanovljeno javno podjetje. **Med tema dvema modeloma se v študiji (glede na zgoraj naštete argumente) model javnega podjetja dobesedno vsiljuje kot edina možna rešitev.**

Za uspešno zagovarjanje tega modela javnega podjetja, bi bilo v študiji nujno potrebno podrobno obdelati prehod med obstoječim in predvidenim sistemom, ki je predviden do leta 2030.

Ker se v študiji favorizira model javnega podjetja, **ni bil obdelan predlog možne izboljšave obstoječega koncesijskega sistema urejanja voda, ki se je pokazal za učinkovit**, kar je bilo konec koncev ugotovljeno tudi v sami študiji. Prav tako ni nikjer prikazano kako se bo ob pomanjkanju kadrovskega potenciala v celotni dejavnosti zagotovilo takšno število (517) zaposlenih vseh strok in specifičnih znanj.

In na koncu še enkrat v preteklem obdobju se je obstoječ koncesijski model pokazal kot ustrezen in učinkovit, kar se je še posebej potrdilo tudi ob nastopu zadnje havarije leta 2023. Zagotovo pa ga je možno z prilagoditvami in zagotovitvijo ustreznih rešitev in kadrov še izboljšati.

Nikakor ne smemo zanemariti oz. zapostaviti še naslednjih argumentov oz. dejstev, ki so se izkazala in potrdila v preteklem obdobju in so zaključki tega prispevka:

Zaključki

1. Vodarstvo je izrazito specializirana panoga gospodarstva, ki zaposluje sorazmerno majhno število ljudi. Izkušenih visoko izobraženih strokovnjakov s tega področja, je v Sloveniji omejeno število. Vsaka reorganizacija dejavnosti vzbuja med stroko nezaupanje in vprašanje po prihodnosti, zato prestop vsakega takega stro-

kovnjaka v drugo dejavnost pomeni veliko izgubo in tega je bilo v preteklem obdobju že preveč.

2. Izkušnja po, v preteklosti izvedenih organizacijskih spremembah, to samo potrjuje in z vsako reorganizacijo dejavnosti se je stanje poslabšalo in potrebno je veliko časa, da se to stanje ponovno vzpostavi v učinkovit sistem. To stanje se je odrazilo tudi v izobraževalnem procesu, kjer je bil zaznan velik padec študentov, kar ima za posledico pomanjkanje ustreznih kadrov v celotni dejavnosti.

3. Spomnimo se le »prezaposlitve« strokovnih služb (ti. »svinčnikov«) iz vodnogospodarskih podjetij v državno upravo. Odlični pri svojem delu na terenu, so se morali prekvalificirati v uradništvo. Premeščanja in prestavljanja teh ljudi v okviru vodnega gospodarstva lahko temeljijo le na pretehtanih dolgoročnih programih, zagotovljeni stabilnosti in zagotovljeni dolgoročni varnosti strokovnjakov v novih organizacijskih oblikah.

4. V Sloveniji so vodna območja oz. porečja določena v skladu z vodno direktivo Sveta Evrope. Na njih so s podelitvijo koncesijskih pravic postavljeni upravljalci, ki zelo dobro poznajo stanje vsak na svojem povodju, vsako leto, in to že vrsto let. Sodelujejo pri predlogih programov rednih in izrednih vzdrževalnih del in tudi večjih investicijsko vzdrževalnih del, ki bi jih za ohranjanje dobrega stanja vodne infrastrukture morali izvršiti. Prednost vodnogospodarstva je v decentralizaciji (kot so bili OVS-i) in nikakor v centralizaciji, kot je ideja MNVP.

5. Stališče MNVP in nestrokovne javnosti, ki govori o tem, da hudourniška območja nimajo usposobljenega gospodarja in v delu, ki se nanaša na delitev vodnih območij, so nestrokovna, neutemeljena in preverljivo enostranska. Konec koncev se ve, kdo je upravljalec vodne infrastrukture, kdo zagotavlja finančna sredstva in kaj je podlaga za izvedbo potrebnih ukrepov oz. vzdrževalnih del ter kdo jih lahko izvede.

6. Vsekakor je v Zakonu o vodah potrebno popraviti nekatere rešitve, ki so se v praksi pokazale kot pomanjkljive oz. neživljenjske, nikakor pa niso potrebni popravki, ki bi porečja ponovno delila na hudourniška in nižinska območja. Bi pa bilo dobro javno službo dodatno usposobiti in zagotoviti dodatna finančna sredstva za urejanje hudourniških povirij, torej za ukrepe tudi izven hidrografske mreže.

7. Ustanavljanje javnega podjetja je neutemeljeno in neracionalno, kar lahko ugotovi vsakdo s kritičnim branjem navedene študije. V kolikor se kljub zgoraj predstavljenim izhodiščem smatra, da je nadzor nad koncesionarjem pomanjkljiv, potem je potrebno le tega okrepiti s strokovnimi in usposobljenimi kadri, ki bi imeli pooblastila po usklajevanju in sprejemanju končnih odločitev. Ti se lahko zagotovijo z zaposlitvijo v okviru DRSV.

INTERVENTNA DELA NA POREČJU REKE MURE PO NEURJU AVGUSTA 2023

Saša Sobočan, dipl. gosp. inž. (UN),
POMGRAD-VGP d. d., Bakovska ulica 31, 9000 Murska Sobota

Povzetek

V referatu predstavljamo ključna sanacijska dela, izvedena v letu 2024 na območju porečja reke Mure, ki je bilo močno prizadeto v poplavah avgusta 2023. Kot koncesionar za to območje smo se v tesnem sodelovanju z občinami, državnimi institucijami in lokalnimi skupnostmi osredotočili na nujna ukrepanja za zagotovitev poplavne varnosti, ohranjanje vodnogospodarske infrastrukture in obnovo prizadetih območij.

Poseben poudarek je namenjen: odstranitvi naplavin in poškodovanega rastja, utrditvi brežin in obnovi poškodovanih nasipov, vzpostavitvi pretočnosti strug, ter izvedbi ukrepov za zmanjševanje tveganj pri morebitnih prihodnjih poplavah.

Predstavljamo tudi izzive, s katerimi smo se soočali pri izvajanju del, ter pomen usklajenega delovanja vseh deležnikov. Zaključek bo namenjen pogledom v prihodnost in dolgoročnim rešitvam za trajnostno upravljanje porečja Mure.

Uvod

Poplave, ki so avgusta 2023 prizadele velik del Slovenije, so pustile globoke posledice tudi na območju porečja reke Mure. Obsežne vodne mase so poškodovale vodnogospodarsko infrastrukturo, spremenile tokove in struge ter ogrozile varnost ljudi, naselij in kmetijskih zemljišč. Dogodek je ponovno pokazal, kako ranljivo je to območje in kako pomembno je pravočasno ter strokovno ukrepanje po naravnih nesrečah.

Za obrambo naselij pred poplavami reke Mure so bile v preteklosti izvedene obsežne vodnogospodarske ureditve. Struga Mure je danes regulirana na pretočnost srednjih visokih vod, za obrambo pred ekstremnimi visokimi vodami pa so na večjem delu izvedeni visokovodni nasipi. Območje med strugo in visokovodnimi nasipi predstavlja široko poplavno območje, čemur je večinoma prilagojena tudi raba prostora. V letu 2023 je reka Mura dosegla velik pretok ob dveh izrednih dogodkih, prvič ob obilnem deževju 14.5. in drugič na začetku avgusta 2023, ko so bile izredne razmere v celotni državi. V mesecu maju je obilno deževje zajelo del Pomurja in predvsem sosednjo Avstrijo, posledično je reka Mura dosegla pretok malo čez 1000 m3 /s. Zaradi obilnega deževja in razmočenosti terena, je bilo na lokaciji za drevesnico v Ižakovcih opaženo precejanje visokovodnega nasipa. V začetku avgusta so Prekmurje zajele obilne padavine in s tem posledično poplave. Predvsem težavna je bila reka Mura z glavnino vode iz sosednje Republike Avstrije, ki se je prelila iz svoje struge in poplavila območja med visokovodnimi nasipi.

Kot koncesionar za porečje reke Mure smo v letu 2024 prevzeli ključno vlogo pri izvedbi sanacijskih del. Naš glavni cilj je bil zagotoviti poplavno varnost prebivalcev in infrastrukture, obnoviti poškodovane objekte in utrditi vodne vire, hkrati pa pri tem upoštevati naravne značilnosti reke in njenega ekosistema.

V nadaljevanju referata bomo predstavili izvedene ukrepe, izpostavili glavne izzive pri izvajanju sanacijskih del ter prikazali pomen sodelovanja med različnimi deležniki. Posebej bomo poudarili,

kako lahko izkušnje iz sanacijskih aktivnosti v letu 2024 prispevajo k boljšemu načrtovanju in trajnostnemu upravljanju porečja Mure v prihodnje.

Sanacijski program (2024-2028)

Za porečje reke Mure so v sanacijskem programu, ki ga pripravlja Direkcija za vode, predvidena dela za naslednjih 5 let (2024-2028). Največ del je predvidenih na Muri, zatem na Ščavnici ter na Ledavi. Za namen izvedbe so se izdelali izvedbeni načrti, predstavljeni v nadaljevanju.

Na porečju Mure Direkcija predvideva 35 ukrepov v 14 občinah, ki se navezujejo predvsem na sanacije visokovodnih nasipov ter visokovodnih zidov, sanacijo zajed, odstranitev naplavin iz struge ter odstranitev podrtih dreves.

Izvedena sanacijska dela na reki Muri

Sanacijska dela so se izvedla v okviru programa odprave posledic neposredne škode na stvareh zaradi močnih neurij z večdnevnim obilnim deževjem s poplavami in plazovi 4. avgusta 2023, ki ga je na podlagi Zakona o odpravi posledic naravnih nesreč v okviru svojih pristojnosti pripravilo Ministrstvo za naravne vire in prostor. »Vzpostavitev vodne infrastrukture v funkcionalno stanje na porečju reke Mure – Mura s pritoki« med vzdrževalna dela v javno korist (obnova poškodovane obstoječe vodne infrastrukture), za katero se dela izvajajo na podlagi projektne dokumentacije za izvedbo gradnje (izvedbeni načrt – IZN)

Vzpostavitev vodne infrastrukture v funkcionalno stanje na visokovodnem nasipu reke Mure na levem bregu v naselju Ižakovci

Zaradi obilnega deževja in razmočenosti terena, je bilo na lokaciji za drevesnico v Ižakovcih v občini Beltinci, opaženo precejanje visokovodnega nasipa. Obstoječ nasip se je zaradi razmočenosti in posledično zmanjšane stabilnosti obtežil z vrečami peska, s čimer se je dodatno obtežil.

Izvedlo se je nadvišanje in tesnjenje visokovodnega nasipa ob reki Muri na levem bregu v Občini Beltinci v naselju Ižakovci. Skupna dolžina saniranega odseka visokovodnega nasipa je 2.006 m. Zaradi slabih geofizikalnih karakteristik, atmosferskih vplivov (erozija) in vplivov podzemne vode je nasip mestoma spremenil obliko. Nasip je na predmetnem odseku trase bil dotrajan in potreben obnove v obliki tesnjenja in nadvišanja.

Krona obstoječega nasipa je bila širine med 2,5 in 3 m. Višina krone nasipa je prevajala še visoko vodo, ki je bila leta 2005 v mesecu avgustu in visoke vode leta 2014 ter nazadnje poplave avgusta 2023. Takrat so vodni pretoki znašali 1462 m^3/s. Glede na obseg poplav leta 2005, 2014, 2023 ter na grožnjo podnebnih sprememb se v bodoče pričakujejo še bolj ekstremne poplave.

Obstoječ nasip je bil razdeljen na dva dela in se je izvedel v dveh etapah. Trasa nasipa je ostala nespremenjena in se ne širi izven obstoječih gabaritov parcel.

Nadvišanje nasipa se je izvedlo s primernim zemeljskim materialom, z ustreznimi nakloni brežin in z ustrezno širino krone nasipa. Po koncu del se je zemeljski nasip ustrezno humuziral in zatravil. Nadvišanje nasipa se je izvedlo s komprimiranjem



Slika 1: Obtežitev nasipa z vrečami peska



Slika 2: Poplavljeno igrišče v Ižakovcih avgusta 2023



Slika 3: Obstoječi VVN Ižakovci



Slika 4: Izvajanje VVN Ižakovci

po plasteh ter navodilih geomehanika na osnovi geotehničnih karakteristik materiala za nasip. Rekonstruiran nasip ima izvedeno glineno jedro oz. naboj na vodni strani, ki sega do globine talne vode. Z glinenim jedrom se podaljšajo precejne poti vode pod nasipom. Varnostna višina nasipa po rekonstrukciji znaša 1,00 m nad gladino Q100. Na obstoječih komunikacijskih poteh so se izvedle prehodne rampe s prilagoditvijo višine na krono nasipa in z ustreznimi nakloni. Na obravnavani trasi javne poti prečkajo nasip na štirih mestih.

Za potrebe gradnje se je uporabil kvalitetni glineno – zemeljski material iz obstoječih deponij. Pred pričetkom izvedbe nadvišanja nasipa se je na celotni obravnavani trasi odstranil humuzni material, ki se je deponiral ob trasi nasipa. Vgradnja zemeljskega materiala v telo visokovodnega nasipa se je izvajala po plasteh višine 0,30 m z ustrezno komprimacijo. Transport za dovoz materiala se je vršil po trasi obstoječega nasipa, s čimer se je dodatno utrdil sam temelj nasipa.

Maksimalna višina nadvišanja obstoječega nasipa znaša 0,90 m. Oblika rekonstruiranega in nadvišanega nasipa sledi trapeznemu profilu z naklonom 1 : 2 na zračni strani in vodni strani nasipa ter širino krone nasipa 3,50 m. Pri naklonih strmejših brežin se je uporabil stabilnostno kvaliteten material. Za zaščito brežin pred poškodbami živali (bobri, lisice itd.) se je na vodno stran nasipa v brežino vgradila pocinkana zaščitna mreža iz heksagonalnega žičnega pletiva s sidranjem v nasip. Hkrati sta se izvedla tudi dva nova prepusta ter prehodne rampe.

Prva dela so se začela novembra 2024, zadnja dela pa so se izvajala junija 2025.

Vzpostavitev vodne infrastrukture v funkcionalno stanje na visokovodnem nasipu reke Mure na desnem bregu v naselju Mota

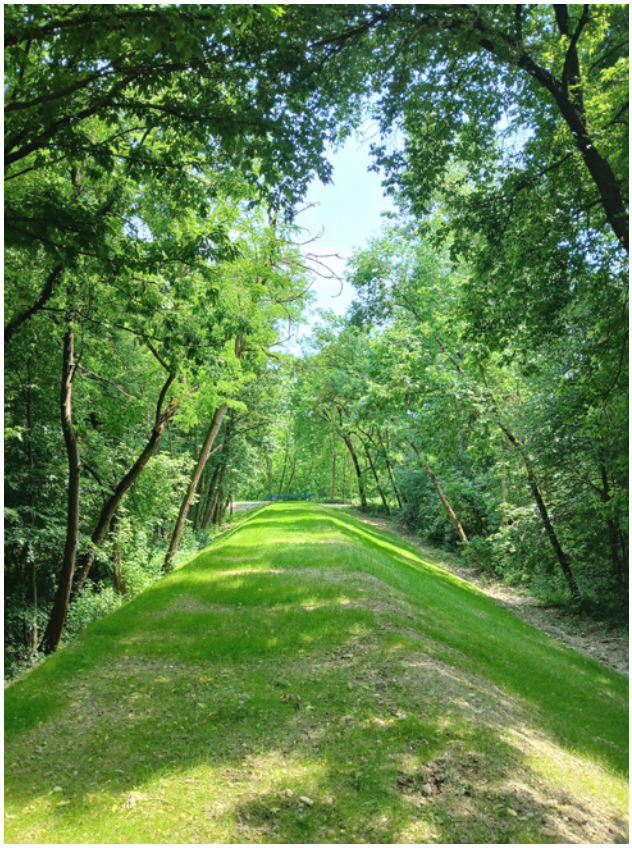
Tudi na obravnavani trasi nasipa v KO Mota se je obstoječ nasip zaradi razmočenosti in posledično zmanjšane stabilnosti obtežil z vrečami peska, s čimer se je dodatno obtežil

Izvedlo se je nadvišanje in izvedba tesnjenja visokovodnega nasipa ob reki Muri na desnem bregu v Občini Ljutomer in sicer ureditev nasipov v naselju Mota. Skupna dolžina saniranega odseka visokovodnega nasipa v katastrski občini Mota je 2.506 m.

Krona obstoječega nasipa je bila širine med 3 in 3,5 m. Višina krone nasipa je prevajala še visoko



Slika 5: VVN Ižakovci takoj po izvedbi



Slika 6: VVN Ižakovci danes



Slika 7: Obtežitev nasipa v Moti ob poplavah avgusta 2023

vodo, ki je bila leta 2005 v mesecu avgustu in visoke vode leta 2014 ter nazadnje poplave avgusta 2023. Zaradi slabih geofizikalnih karakteristik, atmosferskih vplivov (erozija) in vplivov podzemne vode je nasip mestoma spremenil obliko.

Trasa nasipa ostaja nespremenjena in se ne širi izven obstoječih gabaritov parcel.

Nadvišanje nasipa se izvaja s primernim zemeljskim materialom, z ustreznimi nakloni brežin in z ustrezno širino krone nasipa. Po koncu del se zemeljski nasip ustrezno humuzira in zatravi.

Nadvišanje nasipa se izvaja s komprimiranjem po plasteh ter navodilih geomehanika na osnovi geotehničnih karakteristik materiala za nasip. Rekonstruiran nasip bo imel izvedeno glineno jedro oz. naboj na vodni strani, ki bo segalo do globine talne vode. Varnostna višina nasipa po rekonstrukciji bo znašala 0,95 m nad gladino Q100. Na obstoječih komunikacijskih poteh se izvedejo prehodne rampe s prilagoditvijo višine na krono nasipa in z ustreznimi nakloni. Na obravnavani trasi javne poti prečkajo nasip na štirih mestih. Prav tako se izvede en nov prepust.





Slika 8, 9: Obstoječ nasip VVN Mota



Slika 10: Izvedba glinenega jedra

Za potrebe gradnje se uporabi kvalitetni glineno – zemeljski material iz obstoječih deponij. Pred pričetkom izvedbe nadvišanja nasipa se na celotni obravnavani trasi odstrani humuzni material, ki se deponira ob trasi nasipa. Vgradnja zemeljskega materiala v telo visokovodnega nasipa se izvaja po plasteh višine 0,30 m z ustrezno komprimacijo. Transport za dovoz materiala se vrši po trasi obstoječega nasipa, s čimer se dodatno utrdi sam temelj nasipa.

Maksimalna višina nadvišanja obstoječega nasipa znaša 1,04 m. Višina nasipa nad terenom je od 1,50 do 2,50 m. Oblika rekonstruiranega in nadvišanega nasipa bo sledila trapeznemu profilu z nakloni 1:1,25, 1:1,5 in 1 : 2 na zračni strani in vodni strani nasipa ter širino krone nasipa med 3,00 m in 3,50 m. Pri naklonih strmejših brežin se uporabi stabilnostno kvaliteten material. Za zaščito brežin pred poškodbami živali (bobri, lisice itd.) se na vodno stran nasipa v brežino vgradi pocinkana zaščitna mreža iz heksagonalnega žičnega pletiva s sidranjem v nasip.

Načrtovan in kmalu v izvajanju bo tudi protipoplavni zid v dolžini 257 m na območju naselja Mota.

Dela na VVN Mota so se začela aprila 2025 in se še izvajajo.

Rekonstrukcija visokovodnega nasipa na Gornji Bistrici

Tudi na obravnavani trasi nasipa Gornja Bistrica se je obstoječ nasip zaradi razmočenosti in po-



Slika 11: Izvedba VVN Mota, september 2025



Slika 12: Izvajanje del na VVN Gornja Bistrica



Slika 13: Vgradnja mreže proti bobrom

sledično zmanjšane stabilnosti obtežil z vrečami peska, s čimer se je dodatno obtežil. Da je nujno potreben gradbeni ukrep nadvišanja obstoječega nasipa na celotnem območju Bistrice, nam ponazarja že porušen del nasipa v naselju Dolnja Bistrica, ki se nahaja 3 km gorvodno od obravnavane trase in je bil saniran v letu 2023.

Obravnavana trasa visokovodnega nasipa poteka po levem bregu reke Mure v dolžini 3.222 m. Izvedlo se je nadvišanje nasipa, z varnostno višino 1,00 m nad gladino $Q_{100.}$



Slika 14: Izveden VVN Gornja Bistrica

Maksimalna višina nadvišanja obstoječega nasipa znaša 0,90 m. Oblika rekonstruiranega in nadvišanega nasipa sledi trapeznemu profilu z naklonom 1 : 2 na zračni strani in vodni strani nasipa ter širino krone nasipa 3,50 m. Pri naklonih strmejših brežin se je uporabil stabilnostno kvaliteten material. Zaradi dobro prepustnih temeljnih tal se je za tesnitev izvedel glinen naboj oz. jedro vse do kote gladine podtalne vode. Glinen naboj se je izvedel na vodno stran nasipa. Rekonstruirani nasip se je po izvedbi humuziranja brežin in krone nasipa zatravil.

Za zaščito brežin pred poškodbami živali (bobri, lisice itd.) se na vodno stran nasipa v brežino vgradi pocinkana zaščitna mreža iz heksagonalnega žičnega pletiva s sidranjem v nasip.

Dela so se začela junija 2025 in končala oktobra 2025.

Izvedena sanacijska dela na porečju reke Ščavnice

Regulirane nižinske vodotoke Pomurja ob nerednem vzdrževanju praviloma doletijo podobne težave. Neredno odstranjevana, prekomerna zarast znižuje pretočne hitrosti in pospeši odlaganje naplavin, neenake vlečne sile skupaj z razmočenostjo terena povzročajo bočno in talno erozijo. Tako se zmanjšuje površina pretočnega profila ter zvišuje dno vodotoka, rezultat tega so višje gladine voda.

Velike pretoke in vodostaje je leta 2023 dosegla tudi reka Ščavnica s pritoki, aktivirani so bili vsi razpoložljivi zadrževalniki na njenem porečju (AK Gajševci, suhi zadrževalnik Bolehnečici). Zaradi stanja vsega navedenega ja ob visokovodnem dogodku prišlo do več zdrsov brežin na reki Ščavnici in njenih pritokih (Turja, Kostanjevica in nedefiniran vodotok v Spodnji Ščavnici).

Struga potoka Turja in Kostanjevica je pretežni del v naravnem stanju, tudi zaraščena z drevjem in grmičevjem. Zaradi zamuljenja in nanosov plavin se je pretočni profil zožil in njegova pretočnost se je poslabšala. Obravnavani odseki ob večjih padavinskih vodah niso prevajali zadostne količine vode in s tem se je zmanjšala poplavna varnost širše okolice ob vodotokih. Lokaciji zdrsov brežin na vodotoku Ščavnica sta se nahajali v spodnjem toku na reguliranem odseku oziroma pred izlivom v reko Muro. Neimenovan vodotok, ki je desni pritok Ščavnice v naselju Spodnja Ščavnica je imel zaradi odlaganja in nanosov naplavin zmanjšane pretočne sposobnosti in ga je bilo potrebno očistiti.

Zavarovanja s kamnito zložbo

Obrežna zavarovanja so se izvedla na vodotokih Ščavnica (70 m), Turja (206 m) in Kostanjevica (90 m). Zavarovanje je zasnovano z namenom zagotavljanja enotnega pretočnega profila – širina dna je se prilagaja reliefu in stanju struge gorvodno in dolvodno od izvedbe zložbe, kar je potrebno zaradi erozijske poškodbe.

Višina zavarovanja se prilagaja terenu in je določena v višini med 1,00 in 2,00 m nad niveleto dna. Izkopal se je material IV-V. ktg. za peto zavarovanja. Peta mora biti vgrajena v trdo podlago. Peta zavarovanja se je izvedla iz lomljenca deb. 1,00 m v suho, v globini 0,70 m, cca. 1,20 m3/m‘. Peta se je izvedla razgibano, kar pomeni da se prilagaja terenu. Ta ukrep povzroči bolj dinamičen vodni tok, z lokalnimi koncentracijami le tega.

Poškodovana brežina oziroma zavarovanje se zavaruje s kamnito zložbo v suho. Do višine zavarovanja med 1,00 in 2,00 m se vgradi lomljenec deb. 0,50-0,80 m cca 3,40 m3/m`. Izvedle so se globoke fuge - polaganje kamna zemljo. Zložba cca 70 cm nad niveleto in do vrha zavarovanja se je zasula z zemljo in se je zatravila. Zavarovanje se je navezalo na raščeno brežino ali na obstoječe zavarovanje oziroma most. Del izkopanega materiala se je skupaj z naplavino vgradilo za kamnito zložbo.



Slika 15: Sanacija zajede na Turji




Slika 16, 17: Kostanjevica pred izvedbo sanitarnega čiščenja

Čiščenje struge vodotoka

Na obravnavanem odseku Kostanjevice v dolžini 1.118 m se niveleta struge ohranja v obstoječem stanju. V strugi se je odstranila prekomerna zarast, ki zastavlja plavje in nanose in s tem zmanjšuje pretočne sposobnosti. Struga se je strojno očistila na način, da se izboljša pretočne sposobnosti. Niveleta in meandri vodotoka se ohranjajo. Izkopan material se je razgrnil ob strugi potoka.

Vzpostavitev pretočnega profila

Zaradi odlaganja in nanosov naplavin je imel neimenovan vodotok - desni pritok Ščavnice zmanjšane pretočne sposobnosti in ga je bilo potrebno očistiti na način, da se je izvedel izkop za vzpostavitev pretočnega profila v dolžini cca 482 m. Niveleta vodotoka in morebitni meandri vodotoka so se ohranili. Del izkopanega materiala se je razgrnil ob strugi vodotoka, preostanek odpeljal na deponijo.



Slika 18: Izvedena dela na Kostanjevici



Slika 19: Izkop naplavin

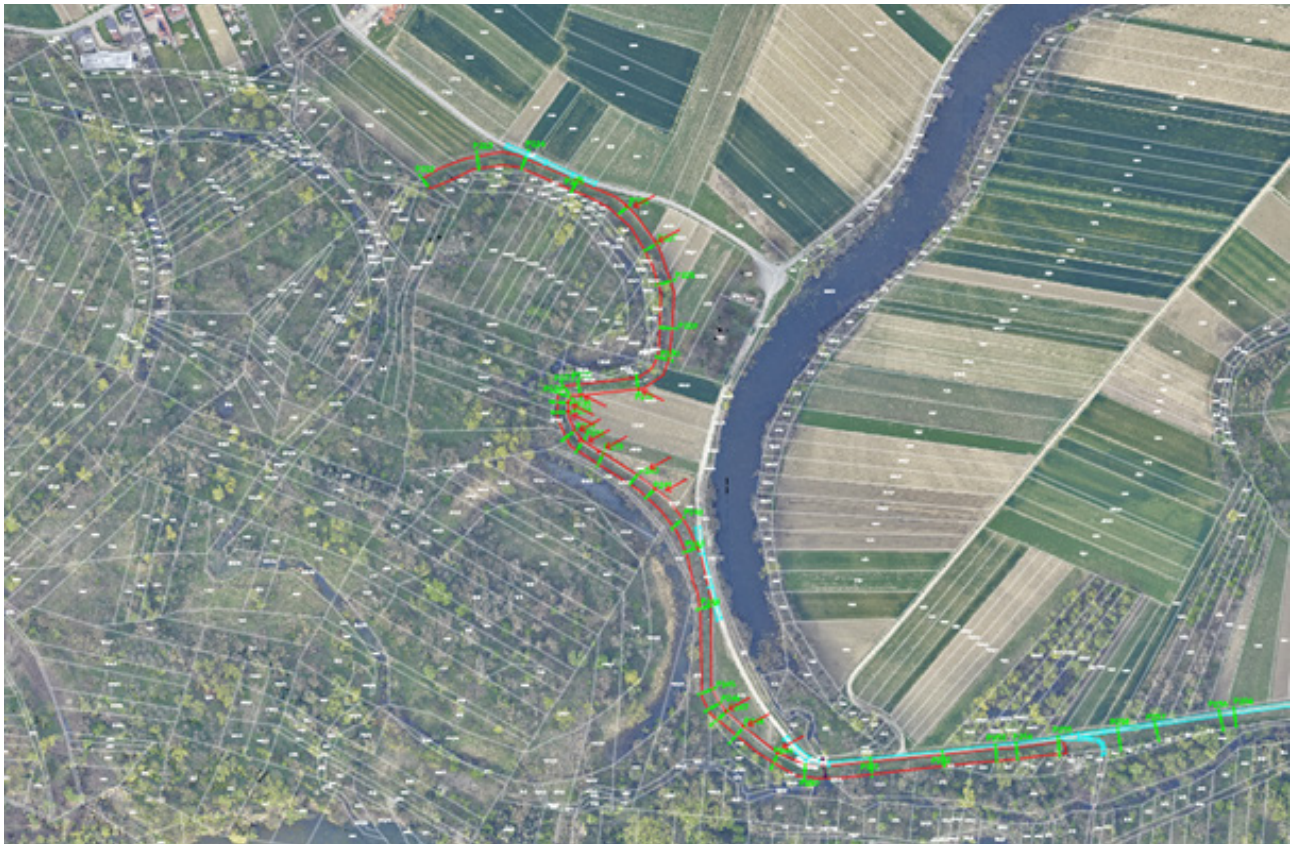
Načrtovana sanacijska dela

Visokovodni nasip in protipoplavni zid na Dolnji Bistrici

V izvedbi oziroma v načrtovanju je že visokovodni nasip ter protipoplavni zid na območju naselja Dolnja Bistrica, neposredno dolvodno od mesta, kjer se je leta 2023 porušil zemeljski nasip. **S tem bo sanirana/ na novo izgrajena celotna trasa nasipov ter protipoplavnih zidov od naselja Melinci do naselja Dolnja Bistrica v dolžini cca 7 km.**

V neposredni bližini naselja, kjer ni možnosti za umestitev zemeljskega nasipa zaradi neprimernega terena (mrtvice, depresije) na vodni strani, ter poselitve na zračni strani, je načrtovana izvedba protipoplavnega zidu z sistemom lamel v dolžini 300 m. Zid je načrtovan na varnostno višino Q100+0,85 m.

Dolvodno od zidu je načrtovan zemeljski nasip v dolžini 1.848 m s krono 3 m ter naklonom brežin od 1:2 do 1:1.5, odvisno od terena. Krona nasipa je načrtovana na varnostno višino Q100 + 1m.



Slika 20: Načrtovana trasa zemeljskega dela nasipa na D. Bistrici

Visokovodni nasip in protipoplavni zid na Gornji Bistrici

V izvedbi oziroma v načrtovanju je že visokovodni nasip gorvodno od prej omenjenega že izvedenega nasipa Gornja Bistrica do naselja Melinci, ter protipoplavni zid na območju naselja Gornja Bistrica v dolžini 112 m.

Zaključek

Sanacijska dela, izvedena po poplavah avgusta 2023 na območju porečja reke Mure, so pokazala, da je hitro, strokovno in usklajeno ukrepanje ključnega pomena za zagotavljanje poplavne varnosti prebivalcev in ohranjanje vodnogospodarske infrastrukture. Obnova in nadvišanje visokovodnih nasipov, utrjevanje brežin, odstranjevanje naplavin ter čiščenje strug so ukrepi, ki so pomembno pripomogli k zmanjšanju neposrednih tveganj in k obnovi funkcionalnega stanja reke in njenih pritokov.

Posebno vrednost imajo izkušnje, pridobljene v letu 2024, saj bodo pripomogle k učinkovitejšemu načrtovanju dolgoročnih rešitev, ki bodo temeljile na kombinaciji tehnično-inženirskih ukrepov in upoštevanju naravnih procesov reke. S tem se krepi tudi odpornost območja na prihodnje podnebne spremembe in vedno pogostejše ekstremne vremenske dogodke.

Ključni izziv prihodnosti ostaja trajnostno upravljanje porečja Mure, ki zahteva tesno sodelovanje vseh deležnikov – od državnih institucij in občin do lokalnih skupnosti ter ostalih zavodov. Le s skupnim delovanjem bo mogoče zagotoviti, da bodo izvedeni ukrepi dolgoročno učinkoviti in da bo območje ob reki Muri varno, stabilno ter hkrati sonaravno urejeno.



Slika 21: Obstoječi nasip G.Bistrica-Melinci



Cesta, kolesarska steza in sonaravne ureditve reke Meže na odseku med Mežico in Žerjavom.
Izvajalec: VOC CELJE d.o.o.
Foto: Urban Prislan, VOC CELJE d.o.o.

02

Načrtovanje in izvedba sanacijskih del in protipoplavnih ukrepov

VKLJUČEVANJE NBS V PROJEKTE ZMANJŠEVANJA POPLAVNE OGROŽENOSTI IN NJIHOVO DEJANSKO IZVAJANJE PRI UREJANJU VODOTOKOV NA GORENJSKEM

Metod Rogelj, univ. dipl. biol.,
Zavod Republike Slovenije za varstvo narave, Območna enota Kranj, Planina 3, 4000 Kranj

Špela Premelč, univ. dipl. geog.,
Zavod Republike Slovenije za varstvo narave, Območna enota Kranj, Planina 3, 4000 Kranj

Povzetek

Prispevek obravnava ključne ovire pri uveljavljanju »nature based solutions« (NBS) na področju urejanja voda. Med glavnimi težavami so zemljiški kataster, ki ne odraža dejanskega stanja vodotokov, neugodno in razdrobljeno financiranje, ter prevlada tradicionalnih tehničnih pristopov (TTP) pred NBS. Tradicionalni pristop urejanja vodotokov ter ponekod lastniške omejitve onemogočajo rezervacijo prostora za retenzijske površine, projektno financiranje pa ne zagotavlja dolgoročne kontinuitete. Tradicionalni pristopi so hitri in preverjeni, medtem ko so NBS pogosto obravnavane kot eksperimentalne, premalo standardizirane ter predvsem učinkovite le na dolgi rok. Težave povzročata tudi zakonodaja ter birokratski postopki, ki zahtevajo več vlog, soglasij in podvajanje postopkov. Velik del sredstev je usmerjen v vzdrževanje obstoječe infrastrukture, kar ovira prehod na trajnejše, naravne rešitve. Pogosta je parcialna obravnava vodotokov brez celostnega načrtovanja na ravni porečij, kar lahko vodi v neučinkovite ukrepe. Rešitve predstavljajo usklajeno medsektorsko načrtovanje, zakonodajne spremembe, stabilno in prilagojeno financiranje, vključevanje deležnikov in ozaveščanje javnosti.

Uvod

V času pospešenega urejanja vodotokov, z namenom preprečevanja škodnega delovanja voda, Zavod RS za varstvo narave (v nadaljevanju ZRSVN) sodeluje postopkih pridobivanja ustreznih dovoljenj s strokovnimi mnenji z nalogo ohranjanja lastnosti naravnih vrednot in biotske raznovrstnosti. Podobno kot projektanti, izvajalci in drugi sodelujoči v tem procesu se srečujemo z različnimi izzivi zakonodajne, sistemske in strokovne narave. Opažamo ohranjanje in prilagajanje TTP ter posamezne naravi in okolju prijaznejše rešitve. Ena od glavnih tem Mišičevega dneva leta 2024 so bili NBS pristopi, katere smo zaradi skladnosti z naravovarstveno zakonodajo in naravi prijaznimi rešitvami naravovarstveniki z veseljem pozdravili.

Vsebina

Na naravi temelječe rešitve (Nature-Based Solutions - NBS) so pristopi, ki uporabljajo naravne procese in ekosisteme za reševanje različnih okoljskih, družbenih in gospodarskih izzivov. Gre za rešitve, ki izkoriščajo potencial narave za obvladovanje podnebnih sprememb, izboljšanje biotske raznovrstnosti in ohranjanje ekosistemskih

storitev, hkrati pa zagotavljajo trajnostne in dolgoročne rešitve. NBS se v Sloveniji in drugod uveljavlja počasi, saj so mnoge rešitve kompleksne z učinkom na dolgi rok in zahtevajo usklajene akcije med različnimi sektorji (kmetijstvo, urbanizem, energetika, vode, naravovarstvo itd.). Tudi zakonodajni okvir in financiranje NBS sta pogosto še vedno ovira.

V tem referatu kot TTP obravnavamo klasične posege na vodotokih, v obliki gradbenih del in drugih ureditev, ki se že desetletja izvajajo z namenom preprečevanja njihovega škodljivega delovanja. Gre večinoma za vzdolžne in prečne objekte ter ureditve, z namenom preprečevanja bočne in talne erozije, razlivanja vodotokov, pospeševanja odtekanja vode, oziroma preprečevanje njenega zadrževanja.

Kljub temu, da projektanti večino objektov skušajo čim bolj prilagoditi naravnemu okolju in dinamiki, so končne rešitve večinoma še precej oddaljene od NBS smernic. Zakaj? Predvidevamo, da zato, ker so tradicionalne metode preizkušene skozi čas in se obravnavajo kot »dokazano ustrezne rešitve«, dajejo hitre ter predvidljive rezultate (zmanjšanje nevarnosti poplav, obvladovanje pretokov). NBS, kot so obnova mokrišč, širitev poplavnih območij oziroma vodnega prostora, upočasnitve vodnega toka so dolgoročne rešitve, ki potrebujejo čas, da začnejo »prinašati rezultate«. NBS rešitve ne prinašajo hitrega obvladovanja težav, predvsem ne hitrega reševanja težav večjega obsega.

Ob tem upoštevamo, da NBS rešitve niso primerne za vse vodotoke oziroma situacije in je prilagojena izvedba TTP edini možni pristop, ne glede ali gre za obnovo, delno razširitev in prilagoditev obstoječih objektov ali novo zgrajene objekte. Slednje upošteva tudi priporočilo pripravljavcev priporočil NBS, ki svetujejo, da se tekom načrtovanja projektov v največji možni meri sledi priporočenim načelom.

Ob uveljavljanju NBS rešitev v praksi pa podobno kot projektanti in drugi deležniki urejanja voda naletimo na težave, ki močno favorizirajo TTP in praktično onemogočijo izvedbo NBS. Na območju ZRSVN OE Kranj v zadnjem obdobju ni bilo izvedenih oziroma uveljavljenih NBS rešitev kljub nekaterim konkretnim poskusom.

Ključni razlogi za neizvajanje NBS rešitev so po našem mnenju nekatere sistemske in nesistemske ovire, pa tudi slaba podpora s strani javnosti, gospodarstva in politike kot npr.:
- neskladen zemljiški kataster;
- neugodno financiranje NBS;
- favoriziranje tradicionalnih tehničnih pristopov;
- ohranjanje tradicionalnih tehničnih pristopov kot nadaljevanje nekdaj začrtanih rešitev, spodbujanje dražjih rešitev, ohranjanje starih in neprimernih vodnogospodarskih objektov oziroma rešitev (vzdrževalna dela);
- zahtevni upravni postopki;
- parcialna obravnava vodotokov oziroma »drobljenje« obravnave na manjše projekte, brez priprave celostnih načrtov.

Neskladen zemljiški kataster

Zemljiški kataster vodnih zemljišč ne odraža dejanskega stanja v naravi. Osnovna neskladja so naslednja:
- Širina zemljiške parcele ne ustreza. Običajno je odmerjena ožje kot je širina struge z obvodnim pasom vegetacije oziroma širšim obvodnim prostorom.
- Potek zemljiških parcel ni skladen s stanjem v naravi. Parcela vodotoka poteka po sosednjih zemljiščih z drugo rabo in obratno.
- Vodotok nima svoje zemljiške parcele, kar velja predvsem za manjše vodotoke.

Največje razlike med zemljiškimi parcelami in stanjem vodotoka so na vodotokih srednjega in nižinskega toka, kjer se v preteklosti niso izoblikovale globoke struge in je zato je prihajalo do intenzivnega meandriranja ter spreminjanja poteka struge

Osnovna parcelacija vodotokov izvira iz Franciscejskega katastra. Ozko določanje vodnih zemljišč je praksa tudi v novejših obdobjih, npr. po izvedbi melioracij in regulacij vodotokov v drugi polovici prejšnjega stoletja.

Lastninska pravica oziroma druge oblike pravice izvajanja posegov so ključno izhodišče pri izbiri ukrepov vodnogospodarskih ureditev Z omejenim prostorom so projektanti že v izhodišču primorani načrtovati objekte in ureditve, ki ostajajo v okvirih vodnega zemljišča, to pa izključuje predvsem prioritetne oblike ukrepanja NBS (ohranjanje ali ponovno vzpostavljanje retenzijskih površin).
Načrtovanje posegov izven vodnega zemljišča zahteva predhodni nakup zemljišča, zamenjave oziroma druge oblike pridobitev pravice gradnje. Slednje pomembno podaljša čas načrtovanja, poveča stroške in večinoma investitorja ali projektanta odvrne od pristopa NBS.

Zemljiški kataster je osnovna podlaga prostorskemu načrtovanju in namenski rabi prostora, ki je ena od temeljnih podlag za načrtovanje posegov. Želja pripravljavcev dokumenta NBS je, da se predvsem ukrepi iz prve in druge prioritete NBS (zaščita obstoječih poplavnih območij in širitev poplavnih območij) vključijo v prostorsko načr-

tovanje in s tem rezervirajo prostor za možnost vključevanja ukrepov NBS v posamezne projekte za zmanjševanje poplavne ogroženosti.
Ker je vključevanje pobud za spremembo namembnosti v prostorske akte pogostokrat dolgotrajen proces, se načrtovalci raje odločajo za hitrejše rešitve, ki ohranjajo ozek rečni koridor in večinoma zahtevajo toge, masivne ureditve. Običajno postopek spremembe občinskega prostorskega načrta traja med 5 in 10 let, nekateri celo dlje. Dve občini na območju ZRSVN OE Kranj še nimata sprejetega občinskega prostorskega načrta in kot podlago uporabljata zastarel prostorski akt.

Neugodno financiranje NBS

Za dosego ciljev varstva, urejanja in rabe voda je v letu 2016 Vlada RS sprejela Program ukrepov upravljanja voda, ki financiranje ukrepov na vodotokih predvideva iz vodnega sklada, kohezijskih sredstev, državnega proračuna, občinskih proračunov in Načrta za okrevanje in odpornost.

Državni proračun je osnovni finančni vir, v okviru katerega se sredstva namenjajo iz proračunskih postavk vodnogospodarska javna služba, Sklad za vode, obratovanje in vzdrževanje nove vodne infrastrukture ter vzdrževanje vodnogospodarskih objektov v območju avtocest.

Poraba sredstev državnega proračuna se načrtuje z letnimi programi dela javne službe in z letnimi sanacijskimi programi. Njihova izvedba je zato časovno vezana na eno leto.

V primeru večjih škodnih dogodkov država zagotovi interventna sredstva iz proračunskih rezerv državnega proračuna.

Večje protipoplavne projekte pogostokrat financirajo projektni, predvsem evropski viri, npr. kohezijski skladi in evropski strukturni skladi. Sredstva so dostopna prek državnih razpisov ali projektnih prijav, njihov časovni okvir je različen glede na posamezni razpis, a omogočajo večletno izvedbo.

Z namenom boljše implementacije NBS rešitev je Evropska komisija le-te vključila v nove finančne mehanizme za črpanje evropskih sredstev (npr. Mehanizem za okrevanje in odpornost1, Program evropske kohezijske politike2), zato je vključevanje pomembno tudi z vidika uspešnega izvajanja projektov za zmanjševanje poplavne ogroženosti, ki bodo financirani iz navedenih mehanizmov.

EU Zeleni dogovor zagotavlja finančno podporo in politične spodbude za NBS pri obvladovanju tveganja poplav. Programi financiranja, kot sta Evropski sklad za regionalni razvoj (ESRR) in programi Interreg, ponujajo priložnosti za izvajanje naravnih ukrepov za zmanjševanje poplavne ogroženosti in spodbujanje čezmejnega sodelovanja. Zaveza EU Zelenega dogovora trajnostnemu financiranju in naložbam za zmanjševanje poplavne ogroženosti prav tako spodbuja dodeljevanje sredstev za NBS.

Vlada Republike Slovenije je dne, 4. 10. 2023 sprejela Program upravljanja območij Natura 2000 (2023–2028). S sklepom št. 35600-4/2023/5 je naložila ministrstvom in drugim državnim organom ter nosilcem javnih pooblastil, ki so v programu iz prejšnje točke določeni kot izvajalci ukrepov, da do izteka programskega obdobja te ukrepe izvedejo v skladu z razpoložljivimi sredstvi. S tem je financiranje NBS finančno podprto na Natura 2000 območjih.

Pridobitev projektnih virov zahteva pripravo specifičnih projektnih prijav in gradiv. Poraba sredstev ni vezana na leto, lahko je razporejena po daljšem, več letnem obdobju. Višina sredstev je odvisna od posameznega razpisa. Priprava projektnih prijav je zahtevna, večinoma finančno ni podprta, zato za prijavitelja pomeni določeno tveganje. V primeru zalaganja sredstev se mora porabnik za izvedbo del zadolžiti.
Navedeni specifični pogoji financiranja iz projektnih virov so po eni strani zelo primeren oziroma edini vir za izvedbo NBS ukrepov, vendar hkrati niso zanesljiv vir in ne zagotavljajo dolgoročne kontinuitete.

Favoriziranje tradicionalnih tehničnih pristopov

Tradicionalni tehnični pristopi so strokovno precej bolj obvladljivi in že vgrajeni v projektantske in izvedbene sisteme. Včasih se morda zdi, da naravi prijazne rešitve še niso dovolj razvite ali standardizirane, zato se mnogi strokovnjaki in odločevalci raje odločijo za preverjene tehnike, ki so v preteklosti že prinesle rezultate. Znanje o NBS se razširja, a ga v mnogih primerih očitno še ni dovolj, prav tako manjkajo izkušnje po že izvedenih posegih.

Novi pristopi zahtevajo tudi poudarjeno delo z javnostmi. Predvsem na lokalni ravni, tudi na v komunikaciji z neposredno ogroženimi občani, pogosto ni dovolj poznavanja NBS, saj vlada prepričanje, da so novi pristopi "preveč eksperimentalni", "premalo učinkoviti" ali celo "nevarni", ker ne dajo takoj prepoznavnega učinka. Za prenos k NBS je pogosto potrebna sprememba miselnosti, ki vključuje upoštevanje širših okoljskih in družbenih koristi, kar pa ni vedno enostavno doseči v trenutnih sis-

temih. Čeprav se Slovenija vedno bolj osredotoča na trajnostne in naravne rešitve, bo njihovo širšo implementacijo verjetno treba podpreti z boljšim izobraževanjem, zakonodajnimi spremembami, sektorskim povezovanjem in vključevanjem teh pristopov v vsakodnevno prakso. Zamenjava TTP z NBS pogosto zahteva več sodelovanja z več sektorji ter vključevanje različnih interesnih skupin (kmetov, lokalnih skupnosti itd.), kar lahko poveča kompleksnost in stroške implementacije. Pomembno je, da se vendarle prepoznajo tudi dolgoročne koristi, ki jih naravne rešitve prinašajo, kot so zmanjšanje poplav, večja biotska raznovrstnost in dolgoročna stabilnost ekosistemov.

Ocenjujemo, da je eden od ključnih razlogov favoriziranja TTP tudi finančni vidik. V tržnem gospodarstvu je profit povsem legitimen cilj vsake državne predvsem pa zasebne firme in zato povsem razumljivo gonilo k rešitvam, ki so dražje ali finančno bolj donosne. Kljub temu, da so NBS lahko srednje ročno ali dolgoročno cenejše (npr. ker zmanjšajo potrebo po dragem vzdrževanju) in tudi varnejše, je interes gradbene izvajalske družbe lahko hiter zaslužek, katerega omogočijo TTP ob njihovi novogradnji in nadaljnjem vzdrževanju. Tega NBS rešitve ne nudijo. Njihova izvedba je pogosto del širšega, dolgoročnega okvira za obvladovanje podnebnih sprememb, obnavljanje narave in trajnostni razvoj. Mnoge rešitve TTP se osredotočajo predvsem na kratkoročne cilje, kot so obvladovanje trenutnih poplavnih tveganj in manj na dolgoročno trajnostno usmerjenost.

Združena presoja v tem podpoglavju opisanih razlogov pomembno favorizira tradicionalne tehnične pristope. Pri tem je ključna vloga Direkcije RS za vode, ki mora opravljati strokovni nadzor pri načrtovanju ukrepov in finančni nadzor nad porabo sredstev, vse z namenom zagotavljanja vseh funkcij vodotokov in upoštevanja načel gospodarne porabe javnega denarja.

Ohranjanje tradicionalnih tehničnih pristopov kot nadaljevanje nekdaj začrtanih rešitev

V Sloveniji zakonodaja narekuje redno vzdrževanje obstoječe vodne infrastrukture (kanalov, nasipov, utrjenih brežin) za zagotavljanje poplavne varnosti. Upravljavci vodotokov (Direkcija RS za vode in njihovi koncesionarji) imajo zakonsko nalogo, da skrbijo za pretočnost strug, preprečujejo zamašitve, vzdržujejo nasipe, regulacije itd.. Te naloge so vezane na obstoječe stanje, kar v praksi to pomeni, da če je bil vodotok nekoč reguliran z betonskimi zidovi, je sedaj treba to strukturo tudi vzdrževati, ne glede na to, ali bi lahko bila naravna rešitev boljša. Velik del javnega denarja je predviden za vzdrževalna dela, ne za sistemske spremembe. Če je nekaj že zgrajeno, se dodeli sredstva za vzdrževanje, ne pa za razmislek o tem, ali bi bilo morda bolje celotno ureditev opustiti in vzpostaviti NBS (npr. poplavni retencijski prostor ali obvodni kanal z ekstenzivno vegetacijo) ali morda združiti TTP z NBS rešitvami. Sprememba ureditev zahteva pripravo novega projekta, pridobitev novih dovoljenj in pravic, usklajevanja z občinami, lastniki zemljišč itd., kar je pogosto bolj zapleteno kot „samo popraviti ali dopolniti obstoječe ureditve“.

TTP k urejanju voda je pretežno inženirski, kar pomeni, da se osredotoča na: hidravlične lastnosti vodotoka, pretočnost, stabilnost struge, zaščito pred poplavami. Redko pa se upoštevajo: ekosistemske storitve, biotska raznovrstnost, možnosti za naravno zadrževanje vode, vpliv na krajino ali kakovost življenja. To se dogaja zato, ker imajo vodnogospodarski načrti ozko definiran cilj (npr. zmanjšanje poplavne nevarnosti), ne pa celostnega, prostorsko-načrtovalskega pristopa. Prostorski načrtovalci, okoljski strokovnjaki, naravovarstveniki in vodarji pogosto delujemo nepovezano, brez medsebojne komunikacije in iskanja skupnega pristopa. Na reko gledamo kot na „objekt za upravljanje“, ne kot na dinamičen del krajine.

Skozi oči naravovarstvenikov ugotavljamo, da v Sloveniji pogosto ni dolgoročnega pristopa k upravljanju z vodami. Namesto tega vodotoke pogosto upravljamo reaktivno (npr. po poplavah), kar pomeni „obnoviti, kar je bilo“, ne „preoblikovati oziroma obnoviti, kar ne deluje več“.

Zahtevni upravni postopki

Na nivoju načrtovanja posegov v vodotoke ZRSVN sodeluje pri pripravi letnih programov del javne (vodnogospodarske) službe in pri pripravi programov sanacije posameznih objektov vodne infrastrukture, vodnih in priobalnih zemljišč, t.i. sanacijskih programov. V postopkih dovoljevanja posegov v vodotoke pa ZRSVN sodeluje kot mnenjedajalec v različnih postopkih.

Upravni postopki dovoljevanja posegov v vodotoke temeljijo na Gradbenem zakonu, Zakonu o ohranjanju narave ter Zakon o vodah. Z vidika varstva narave so postopki odvisni od naravovarstvenih statusov, vrste objektov, vrste del (vzdrževanja, sanacije, intervencije). Najbolj pogoste oblike dovoljevanja posegov v katerih ZRSVN sodeluje sta gradbeno dovoljenje in naravovarstveno soglasje, poleg njiju tudi dovoljenje za poseg v naravo in soglasja, ki izhajajo iz aktov o zavarovanju.
Glede na raznolika vsebinska in zakonodajna iz-

NARAVO-VARSTVENI STATUS	VRSTA OBJEKTA	POSTOPEK	ZAKONODAJNI VIR	PRISTOJ-NOST	*REDNA VZDRŽEVAL-NA DELA VODOTOKIH	**VZDRŽE-VALNA DELA VODO-TOKIH	***SANACIJE	INTER-VENCIJE/ IZREDNI UKREPI
N2000 in/ali ZAVAROVANA OBMOČJA (mnenje s presojo sprejemljivosti)	enostavni	naravo-varstveno soglasje	105.a člen ZON + GZ	MNVP		da	da*	ne
	manj zahtevni	gradbeno dovoljenje	105.a člen ZON + GZ	Upravne enote		da	da*	ne
	zahtevni	gradbeno dovoljenje	105.a člen ZON+ GZ	Upravne enote		da	da*	ne
		dovoljenje za poseg v naravo	104. člen ZON + Pravilnik o PSP	Upravne enote	da			ne
NARAVNE VREDNOTE (mnenje brez presoje sprejemljivosti)	enostavni	naravo-varstveno soglasje	105 člen ZON	MNVP		da	da*	ne
	manj zahtevni, zahtevni	gradbeno dovoljenje	GZ	Upravne enote		da	da*	ne
					ne			ne
EKOLOŠKO POMEMBNO OBMOČJE (brez ostalih statusov)	vsi	/	105. člen ZON, Uredba o EPO	/	ne	ne	ne	ne

Tabela 1: prikaz postopkov v odvisnosti od vrste objektov, naravovarstvenih statusov in tipa del na vodotokih

* **Redna vzdrževalna dela na vodotokih**: izvajanje vzdrževalnih del na vodnih in priobalnih zemljiščih; odstranjevanje vodne vegetacije; izgradnja ali obnova obrežnega zavarovanja vodotoka, redčenje ali odstranjevanje obrežne vegetacije.

** **Vzdrževalna dela na vodotokih (,ki lahko spremenijo vodotok ali vodno infrastrukturo):** rekonstrukcija struge, utrjevanje brežin z zidovi ali večjimi objekti, odstranjevanje ali gradnja pragov, jezov, mostov + vključuje novogradnjo ali širitev.

*** **izključuje sanacijska dela, katera je treba izvesti zaradi posledic naravnih nesreč** (vir: portal Gov.si)

hodišča dovoljevanja posegov je izbira pravega postopka zahtevna naloga za projektanta oziroma investitorja. Zahtevnost običajno povečujejo tudi kombinacije različnih vrst objektov in del. Vse skupaj pogosto rezultira v nepotrebnem podvajanju postopkov in podaljševanju časa za pridobitev ustreznih dovoljenj in soglasij, kar dodatno obremenjuje projektante, investitorje, ZRSVN, upravne enote in Ministrstvo za naravne vire in prostor.

Iz priložene razpredelnice je razvidno, da je za pravo odločitev o postopku za pridobitev dovoljenj in soglasij s področja varstva narave treba poznati klasifikacijo objektov po gradbeni zakonodaji (3 možnosti), naravovarstveni status (4 možnosti), pristojnost (2 možnosti), vrste del (4 možnosti). Pogosto spreminjanje zakonodaje dodatno otežuje odločanje. V primeru napačne odločitve o postopku s strani projektanta in ob upoštevanju Zakona o upravnem postopku, mora Zavod za vsak postopek pripraviti novo mnenje na ustreznem obrazcu. Slednje rezultira v podvajanju/potrojevanju vsebinsko enakih mnenj za različne postopke: za obravnavo 14 vsebinsko enakih vlog za posege v vodotoke je ZRSVN OE Kranj v prvi polovici leta 2025 napisal 29 vsebinsko enakih mnenj. Za vsak poseg je torej napisal dve enaki mnenji na različnih vzorcih za različne postopke, kar po nepotrebnem obremenjuje vse vključene službe in bistveno podaljšuje čas pridobitve dovoljenj in soglasij.

Vključevanje NBS oziroma novih pristopov za urejanje vodotokov zahteva sodelovanje mnogih služb še pred začetkom formalnih postopkov pridobitev dovoljenj in soglasij. Najprej v fazi izbire strokovne rešitve, nato v fazi priprave in same (tehnične) izvedbe. Ob racionalizaciji postopkov pridobitve dovoljenj in soglasij bi brez dodatnega zaposlovanja pridobili čas za sodelovanje v fazi izbire strokovne rešitve in fazi priprave izvedbe.

Parcialna obravnava vodotokov, drobljenje obravnave na manjše projekte, brez priprave celostnih načrtov

Slovenija, zaradi svoje geografske in podnebne raznolikosti, predstavlja izziv pri celovitem in učinkovitem upravljanju vodnih virov, saj se sooča z različnimi težavami kot so poplave, suše, plazovi in vplivi podnebnih sprememb. Celovito urejanje vodotokov je pristop k upravljanju vodnih ekosistemov, ki zajema celovit pogled na vse vidike vodnih teles – od hidroloških in ekoloških lastnosti do socialne in gospodarske rabe. Gre za celosten

pristop, ki ne vključuje le tehničnih ukrepov za zaščito pred poplavami ali izboljšanje kakovosti voda, ampak tudi varstvo narave, ohranjanje ekosistemov in trajnostno rabo vodnih virov. Celovito urejanje vodotokov ne obravnava zgolj posameznih težav, temveč išče rešitve, ki uravnotežijo več različnih ciljev hkrati. V praksi to pomeni, da se pri urejanju vodotokov ne osredotočimo le na „tehnične" rešitve (npr. gradnja nasipov), ampak vključimo tudi elemente, kot so obnovitev naravnih rečnih strug, ohranjanje mokrišč, spodbujanje prehodov za vodne organizme, obnova poplavnih območij ter trajnostna raba voda v kmetijstvu in industriji.

Ne malokrat se pri svojem delu srečujemo z dejstvom, da na vodotoke ne gledamo na nivoju porečja, niti ne na nivoju celotnega vodotoka, temveč le krajše odseke nekega vodnega telesa.

Primer parcialne obravnave vodotoka predstavlja na gorenjskem vodotok Črna s pritoki, ki je naravna vrednota lokalnega pomena, opredeljena z ekosistemsko zvrstjo. Vodotok je levi pritok Kamniške Bistrice in v dolžino meri cca 8 km. Na krajšem odseku smo obravnavali več ločenih vlog za sanacijo npr.:

- Sanacija Črne pri hiši 11,
- Sanacija Črne pri Žagi 13,
- Ureditev Črne med hišami št. Podstudenec 5-10,
- Ureditev potoka Črna pri naselju Potok v Črni,
- Sanacija desnega pritoka Črne pri hiši Črna 6,
- Ureditev vodotoka Črne dolvodno od hiše Potok v Črni 3,
- Vodnogospodarska ureditev odeka na potoku Črna – Lokacija 1,
- Vodnogospodarska ureditev odeka na potoku Črna – Lokacija 2,
- Sanacija izliva dela Črne.

Posamezni ukrepi lahko vplivajo na celotno porečje, so soodvisni in imajo vpliv tako dolvodno kot gorvodno. Vodotoki ne poznajo občinskih ali regijskih meja. Zmanjšanje poplavne ogroženosti enega območja lahko spremeni naravo vodotoka in poveča ogroženost na drugem območju. Da se temu izognemo, je ključen celovit pristop k urejanju vodotokov. Celovito urejanje vodotokov pomeni, da z ustreznimi ukrepi na v povirju zadržujemo ustrezne količine nanosov, v srednjem in spodnjem toku pa urejamo zadrževanje in kontrolirano razlivanje ter zmanjšujemo erozijske procese. Obenem pa se moramo zavedati in razumeti naravne procese povezane z vodotoki. Odločitev, katero vrsto ukrepov izbrati, mora biti strokovno utemeljena. Težimo k NBS, kar pomeni, da vodi dajemo prostor, načrtujemo ukrepe, s katerimi pri urejanju vodotokov ne škodujemo obvodnim habitatom. Zavedamo se, da vsepovsod ni možno v celoti vpeljati NBS pristopov, vendar pa nam mora biti cilj, da tam kjer je možno, NBS pristope vsaj kombiniramo s TTP.

Predlogi za postopno uveljavitev NBS

Postopna uveljavitev NBS pristopov je kompleksna naloga, ki zahteva angažiranje več segmentov družbe: strokovne, zakonodajno pravne, upravne in finančne. Izboljšati je treba pogoje za njihovo delovanje, kar pomeni, da imajo za svoje delo čas, da so njihove rešitve ustrezno financirane in imajo za izvedbo rešitev tudi ustrezno sistemsko podporo.

Poglobiti je treba povezovanje vodarjev, urbanistov, naravovarstvenikov, gozdarjev, kmetijcev in drugih strokovnih služb. Vključiti je treba lokalne skupnosti in začeti s skupnim načrtovanjem urejanja vodotokov po načelih t. i. „integriranega upravljanja z vodami".

Zemljiški kataster in prostorsko načrtovanje oziroma namembnost prostora sta dve izrazito sistemski izhodišči načrtovanja. Zemljiški kataster in lastništvo zemljišč bosta s svojimi iz zgodovine izvirajočimi specifikami večinoma ostala podobna sedanjemu. Postopne prilagoditve so mogoče s sistematičnimi zamenjavami in odkupi za vodotoke pomembnih in hkrati denarno manj vrednih zemljišč. Slednjemu se lahko sproti prilagaja namensko rabo prostora, hkrati pa v izvedbene načrte (splošne določbe in enote urejanja prostora) vključuje tudi možnost NBS rešitev. Veljalo bi razvijati tudi druge oblike pridobitve pravice oziroma možnosti gradnje objektov in izvajanja posegov s poglabljanjem pomena javnega interesa, ki izhaja iz preprečevanja nevarnega in *škod*ljivega delovanja voda.

Razmisliti je treba o prerazporeditvi proračunskih sredstev tudi na postavke, ki omogočajo NBS rešitve, z namenom sistematičnih odkupov in zamenjav zemljišč, vključitve ustreznih služb in strokovnjakov za razvoj znanja načrtovanja NBS rešitev in komunikacijsko podporo. Omogočiti je treba večletno načrtovanje in izvajanje posegov ter financiranje celovitih obravnav vodotokov. Če bi bila načrtovanja bolj celovita in medsektorska, bi bile naravne rešitve verjetno pogosteje izbrane kot alternativa ali dopolnilo tradicionalnim pristopom. Pospešiti je treba pripravo celovitih načrtov za urejanje vodotokov, kjer bodo zajete tudi naslednje vsebine:

- sistemsko povezani ukrepi (redna vzdrževalna dela, sanacijski ukrepi ...),
- vključene NBS rešitve,

- vključitev gozdnih površin, ki delujejo kot vodni zadrževalnik,
- kontrolirano razlivanje/poplavna varnost dolvodno,
- prostorsko načrtovanje (nedovoljena gradnja na poplavnih območjih ter sprememba obstoječih nepozidanih stavbnih zemljišč in poplavnih območjih v primarno namensko rabo),
- vključi se tudi rabo vode in obstoječe ter potencialne dejavnosti,
- prilagajanje na podnebne spremembe (upoštevanje novih klimatskih scenarijev v načrtovanju - večje padavine, hitrejši odtok, pogostejše ekstreme),
- sistem spremljanja, vrednotenje učinkov in prilagajanje (redno spremljati stanje vodotokov (kakovost vode, sediment, biotske značilnosti, pretoke) pred in po izvedbi ukrepov. Uvesti indikatorje uspešnosti ukrepov, da se ugotovi, kaj deluje in kaj ne, ter prilagoditve načrtov na osnovi teh podatkov;
- ozaveščanje o pomenu vodotokov, naravnih procesov, tveganj, ter o tem, kaj lahko posamezniki storijo (npr. vzdrževanje vodotokov, nelegalni posegi, neustrezno skladiščenje ob vodotokih.

Kot je bilo ugotovljeno v poglavju 2.3 obstoječe znanje, sprejemanje TTP v javnosti ter finančni interes gradbenih družb izrazito favorizirajo TTP. Pri bodoči obravnavi predlaganih rešitev in postopni uveljavitvi NBS je ključna vloga Direkcije RS za vode, Ministrstva za naravne vire in prostor ter lokalnih skupnosti, ki morajo opravljati ustrezen strokovni nadzor nad projektiranjem ukrepov in njihovo skladnost z usmeritvami NBS in finančni nadzor nad porabo sredstev, vse z namenom zagotavljanja vseh funkcij vodotokov in upoštevanja načel gospodarne porabe javnega denarja.

Namen upravnih postopkov je zagotovitev strokovne, na več nivojih ustrezne rešitve, z dolgoročnimi pozitivnimi učinki. Zato je upravne postopke treba poenostaviti, a na način, da se strokovni del ne izgubi v postopkih, rokih, pritožbah, oziroma, da se celo ojača. Upravni postopki ne smejo postati le postopki za pridobitev »papirja brez prave vsebine« za izvedbo gradnje.

Z namenom pridobivanja novih znanj in izkušenj v fazi načrtovanja in izvajanja je treba začeti z uvedbo pilotnih projektov NBS, njim pa mora slediti monitoring učinkovitosti izvedenih ukrepov.

Ne nazadnje, mnoge nove NBS principe in konkretne rešitve je treba predstaviti neposrednim deležnikom in lokalnim skupnostim. Uvajanje NBS rešitev zahteva tudi razumevanje s strani splošne javnosti in njeno podporo, s čimer bodo lažje tudi politične odločitve, pomembne za prilagajanje zakonodaje in sistemov.

Zaključek

Reševanje izzivov pri upravljanju vodotokov zahteva prehod od parcialnih in tehničnih rešitev k celovitim, na naravi temelječim pristopom, ki so učinkoviti, trajnostni in praviloma dolgoročno cenejši. Ključ sta sodelovanje sektorjev in sprememba miselnosti, ki vodi k trajnostni prihodnosti, ter prilagoditev podpornih sistemov financiranja in pridobitve pravice izvajanja posegov. Čas je, da povežemo znanje, prostor in ljudi v skupen pristop.

Viri

- Dopolnitev Programa ukrepov upravljanja voda (Sklep Vlade RS, št. 35500-7/2016/5 z dne 27. 10. 2016) na podlagi osmega odstavka 57. člena Zakona o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15, 65/20, 35/23 – odl. US in 78/23 – ZUNPEOVE).
- Naravovarstveni atlas, Interaktivni geografski sistem, ki prikazuje podatke o naravovarstveno pomembnih območjih v Sloveniji, interni profil ZRSVN.
- ODOS, Sistem za upravljanja dokumentov in procesov, ZRSVN.
- Program dela javne službe na območju zgornje Save za obdobje od 1.1.2025 do 31.12.2025, Direkcija RS za vode.
- Program dela javne službe na območju srednje Save za obdobje od 1. 1. 2025 do 31. 12. 2025, Direkcija RS za vode.
- Program upravljanja območij Natura 2000 (2015 – 2020), sprejet s sklepom št. 35600-4/2023/5 z dne 4. 10. 2025.
- *Naravovarstvene smernice k Programu dela javne službe na območju srednje Save za obdobje od 1. 1. 2025 do 31. 12. 2025, št. dok, 3563-0150/2025-2 z dne 3. 4. 2025.*
- *Naravovarstvene smernice k Programu dela javne službe na območju zgornje Save za obdobje od 1. 1. 2025 do 31. 12. 2025, št. dok. 3563-007/2025-5 z dne 7. 4. 2025.*
- Sklep Vlade RS, št. 35500-7/2016/5 z dne 27. 10. 2016) na podlagi osmega odstavka 57. člena Zakona o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15, 65/20, 35/23 – odl. US in 78/23 – ZUNPEOVE).
- Splošne smernice s področja upravljanja z vodami, DRSV, Ljubljana, januar 2020.
- Usmeritve za vključevanje na naravi temelječih rešitev v projekte za zmanjševanje poplavne ogroženosti, Direkcija RS za vode, Ljubljana, november 2024.

FORENZIČNA ANALIZA POPLAVNIH DOGODKOV PODAJA POMEMBNE ARGUMENTE VODARJEM ZA UVELJAVLJANJE NARAVNIH IN ANTROPOGENIH DANOSTI VODA V PROSTORU

dr. Franci Steinman, upok. red. prof. za Vodno gospodarstvo in za Hidravliko

Povzetek

Poplavni dogodki in posledice pokažejo tudi veliko antropogenih posegov v prostor in vode, na katere vodarji praviloma nimajo vpliva, še posebej odkar je namesto soglasij k posegom treba pridobiti le (neobvezujoča) mnenja. Zato bi forenzična analiza ključnih dogodkov in poplavnih škod lahko podala argumente vodarske stroke za preventivne ukrepe v prostorskem načrtovanju, za večje upoštevanje naravnih in antropogenih danosti na področju voda ter za izboljšanje razmer in povečanje odpornosti gradenj na (škodljivo) delovanje voda. Za nekaj primerov iz poplav avgusta 2023 bodo prikazani možni vzroki nastalih poškodb, ki posredno kažejo tudi odgovornost posameznih subjektov. Dodaten cilj analize tedanjih dogodkov bi lahko bila tudi zaščita davkoplačevalcev – namreč: ali bi res morali solidarno (z davki, prispevki...) kriti celotno škodo iz leta 2023, če pa je za vrsto škodnih dogodkov mogoče določiti povzročitelje in njegove odškodninske odgovornosti? Država oz. občine bi na ta način lahko zmanjšale izdatke iz svojih proračunov. Ko Računsko sodišče preverja upravičenost porabe proračunskih sredstev, ugotavlja tudi ali ta poraba ni krila obveznosti, ki bi jih sicer morali kriti dejanski povzročitelji.

Uvod

Razmere ob poplavah in škodljive posledice pokažejo šibke točke tudi vodnogospodarskih ureditev in pomanjkljivo odpornost človekovih posegov, dejavnosti in ranljivost človeštva. Iz teorije podatkov je znano, da lahko podlage za odločanje oz. naše ravnanje razdelimo na nekaj skupin védenja:

- Vemo, da vemo: na tisto, kar poznamo, se lahko ustrezno pripravimo oz. reagiramo.
- Vemo, da ne vemo: na tisto, česar ne poznamo, se lahko pripravimo z rezervnimi scenariji, z višjimi faktorji varnosti, ... po načelih previdnosti.
- Ne vemo, da vemo: pa nas poplavni dogodki opomnijo na stvari, ki smo jih pozabili ali nezavedno nismo upoštevali.
- Ne vemo, da ne vemo: hja, celo življenje se učimo - a je bolje, če se učimo na tujih izkušnjah.

Človekovi posegi imajo primarni namen, zaradi dogovorjenih (družbenih, zasebnih) ciljev in spremljajoče posledice, včasih tudi neugodne (ti. »collateral damage«). Takšen primer je npr. »Zeleni plan«, ki ga je sprejela slovenska skupščina (ekvivalent današnjemu Državnemu zboru) v 80. letih prejšnjega stoletja, ker so želeli doseči čim višjo stopnjo samooskrbe s hrano. Za dosego teh državnih/družbenih ciljev je bilo treba zagotoviti čim več pridelovalnih površin, z izvedbo agromelioracij in hidromelioracij. Izboljšanje vodo-zrač-

nih razmer za kmetijsko pridelavo je posledično spremenilo razmere na mokriščih, ekosistemske pogoje na površinah, kjer se je ekstenzivna raba spremenila v intenzivno kmetovanje itd. Zaradi postavljenega cilja z najvišjega nivoja odločanja so imele številne stroke omejen vpliv, praviloma le s predlaganjem omilitvenih ukrepov. Ali je mogoče prepoznati podobnost sistematike tedanjih odločitev in stranskih učinkov s sprejeto interventno zakonodajo po poplavah leta 2023? Bodo čez nekaj let vodarji »krivi za betoniranje« vodotokov?

Poplave pokažejo tudi posledice neustreznih antropogenih posegov v prostor in vode. Na številne takšne posege vodarji nimajo vpliva, četudi prikažejo neugodne naravne danosti, kot so erozijske in poplavne nevarnosti, vododeficitarnost ipd. Pri umeščanju posegov v prostor je namesto soglasij sedaj treba pridobiti le mnenja, ki pa so neobvezna. Torej imajo le naravo »nasvetov«. Tako lahko vodarji po naravnih ujmah utemeljeno govorijo: »pa saj smo vam rekli, napisali v mnenjih, opozarjali ...«.

Aktivni pristop k izboljšanju stanja pa bi prinesla forenzična analiza ključnih dogodkov in poplavnih škod. Rezultati bi bili odlična podlaga za izdelavo ti. »primerov dobre prakse«, saj bi pokazali tudi, katere sonaravne rešitve so dovolj odporne na obremenitve pri ujmah. S tem bi vodarska stroka utemeljevala uveljavljanje preventivnih ukrepov v prostorskem načrtovanju, izboljšano ravnanje pri novih posegih v prostor in pri povečanju odpornosti obstoječih človekovih objektov, naprav in ureditev. Analiza posledic poplave 2023 nudi dovolj argumentov za večje upoštevanje naravnih in antropogenih danosti na področju voda ter za izboljšanje razmer in povečanje odpornosti gradenj na (škodljivo) delovanje voda.

Ampak – kdo pa bi sploh bil zainteresiran za (neugodne) ugotovitve forenzičnih analiz? Odločevalci o višini proračunskih sredstev za vodno gospodarstvo? Načrtovalci programov za vzdrževanje in obratovanje ter nove investicije na področju voda? Mnenjedajalci, ki bi spoznali praktične posledice svojih usmeritev oz. zahtev? Številni drugi...?

Kaj pa če bi forenzične rezultate uporabili zgolj zato, da bomo v bodoče ravnali bolje, učinkoviteje, ljudem in naravi prijazno...? In ne prioritetno za ugotavljanje odgovornosti, ...

V nadaljevanju bodo za nekaj primerov iz poplav avgusta 2023 prikazani možni vzroki nastalih posledic, ki posredno seveda lahko kažejo tudi (delno) odgovornost posameznih subjektov. Vendar pa namen teh prikazov ni iskanje odgovornih, temveč prikaz argumentov za razmislek: »Ali bi res morali solidarno (z davki, prispevki ...) v vseh primerih kriti poplavno škodo iz leta 2023, če pa je za vrsto škodnih dogodkov mogoče določiti vzroke in nosilce stroškov za sanacijske ukrepe?« Država oz. občine bi namreč za višino sanacijskih stroškov, ki ni jih krili drugi, lahko zmanjšale izdatke iz svojih proračunov. Ko Računsko sodišče preverja upravičenost porabe proračunskih sredstev, ugotavlja tudi ali ta sredstva niso bila porabljena za sanacijske ukrepe, ki bi jih sicer morali kriti subjekti za svoje samozaščitne ukrepe. Forenzična analiza bi torej služila tudi za zaščito davkoplačevalcev.

Ali naj prejemnik koristi zaradi protipoplavnih ukrepov krije tudi neposredne stroške zanje?

Pogosto je slišati izjave, kaj vse naj bi bile dolžne storiti država oz. občine. Ampak vse storitve je treba plačati, z davki, prispevki... Pri protipoplavnih ukrepih to pogosto prinaša »socializacijo stroškov« - ali naj torej država pobira davke tudi v Halozah, Prekmurju, Posočju..., da bo financirala protipoplavne ukrepe v najbogatejših občinah...? Ali naj država s proračunskimi sredstvi izvaja protipoplavno zaščito dobičkonosnim podjetjem, tudi takšnim, ki so bila poplavljena npr. že leta 1990, 1998, 2010, 2012..., pa do 2023 še niso izvedla samozaščitnih protipoplavnih ukrepov? Ali naj bo »nagrajena« čim dražja pozidava v območjih poplavne nevarnosti, da bo analiza ekonomske upravičenosti dosegla stopnjo, ko bi naj bilo upravičeno financiranje iz javnih sredstev?

V Ustavi Republike Slovenije je zapisano, da je Slovenija socialna država. Dogovorili smo se torej, da tudi država nudi solidarnostno pomoč prizadetim v poplavah. Odlično. Ampak vprašajmo se, ali je res mogoče na sodišču terjati, da mora biti solidarnostna pomoč višja?

Seveda pa je mogoče na sodišču uveljavljati višino odškodnine od znanega povzročitelja. Ali torej predstavniki države, ki so govorili, da bo država plačala odškodnine poplavljencem, že priznavajo, da je država kriva/odgovorna za nastale poplavne škode?

Neme priče – en pogled pove več kot sto besed

»Neme priče«, zelo pogosto kar številne posnete fotografije ob ujmah, omogočajo razumeti procese, oceniti uspešnost interventnih ukrepov, pa tudi (ne)primernost preteklih posegov v prostor. Naslednji primeri so podani v razmislek, kako ravnati ob prihodnjih ujmah.

Ali naj prejemnik koristi zaradi preusmerjanja vode od objekta z večjo pričakovano škodo na lokacijo manjše škode krije (vsaj delne) stroške sanacije tamkajšnjih objektov?

V času poplavljanja intervencijske skupine skušajo preprečiti oziroma vsaj zmanjšati nevarnost za ljudi in premoženje. Pogosto se pojavijo situacije, ko je treba sprejeti težavno odločitev – ali preusmeriti vodni tok od objekta s pričakovano večjo škodo, z večjim vplivom na onesnaženje okolja ipd., na drugo lokacijo, čeprav se s tem ukrepom ogrozi tamkajšnjo rabo prostora, objekte,... saj se tam pričakuje bistveno manjše posledice? Iz poplavnih dogodkov v svetu so znani celo primeri, ko so se namenoma porušili protipoplavni nasipi, da so se visoke vode razlile na kmetijske površine zato, da so se zaščitila urbanizirana območja. V Zvezni republiki Nemčiji je sodišče oprostilo oficirja nemške vojske, ki je odredil miniranje nasipa v takšnem primeru. Odškodninska odgovornost namreč ne more biti naložena vodji intervencije, saj na koncu koncev v prihodnje ne bi bilo mogoče najti nikogar, ki bi vodenje intervencije sploh hotel prevzeti.

Vzemimo primer, ko se zaščitijo nepremičnine v urbaniziranem območju tako, da preusmerjene vode povzročijo škodo na kmetijskih površinah. Vprašajmo se ali naj lastniki zaščitenih nepremičnin krijejo škodo lastnikom namerno poplavljenih površin? Dejstvo je, da so prvi imeli neposredno korist od preusmeritve visoke vode, drugi pa neposredno škodo zaradi namernega poplavljanja njihovih površin.

Ali je upravičeno zahtevati, da naj škodo lastnikom kmetijskih površin krije država? Bi lahko nastalo škodo (oz. sanacijo) krila občina, kjer je zaščiteno urbanizirano območje? Tedaj bi z dajatvami vseh občanov »krili« prejeto korist lastnikov zaščitenih nepremičnin? Razprave o »socializaciji stroškov« so potrebne a so zelo zahtevne... Morda bi s takšno razpravo lahko začeli vsa v primerih, ko je evidentna neposredna povezava koristi in (ne) namerne, bistveno manjše škode.

Interventni ukrep iz avgusta 2023, tj. zaščita bencinske črpalke z nasutjem skal, ki je preprečila napredovanje erozije do objektov, cistern z gorivom..., je mogoče upravičiti z argumenti, da gre za zmanjšanje pričakovane škode na objektih črpalke, za odpravo nevarnosti onesnaženja okolja, idr. Žal pa je ukrivljenost zgrajene utrditve brežine povzročila preusmeritev vodnih tokov prečno glede na običajno os vodotoka.

Ali bi bilo izvedljivo, da bi lastnik črpalke vsaj delno sodeloval pri odpravi škode na stanovanjskem objektu na nasprotnem bregu? Morda samoiniciativno, ker bi poznal spremenjene razmere (posledice) na nasprotnem bregu zaradi zaščite črpalke? Morda bi ga pa Tehnična pisarna opozorila na povezanost interventnih ukrepov in posledic v soseščini? Ali pa bi pristojni za sanacijo (ali pa Strokovni svet...) po poplavah avgusta 2023 z namenskimi forenzičnimi analizami prikazali podobne primere preusmerjanja?



Slika 1: Ukrivljeno skalnato nasutje je zaščitilo bencinsko črpalko a hkrati preusmerilo vodo na nasprotni breg. Svetla puščica: običajni tok reke. Rdeče: interventna zaščita pred erozijo. Modra: prečni tokovi proti nasprotnemu bregu. Rumena: bočna erozija kaže bočni vrtinci ob desnem bregu. (Foto: https://n1info.si/novice/slovenija/kaksno-je-stanje-leto-dni-po-poplavah-bostjan-sefic/)

Pospeševanje odtoka vode s kmetijskih površin lahko poveča poplavljanje urbaniziranih površin

Hidromelioracije so izvedene za izboljšanje vodozračnega režima v rodovitnem sloju kmetijskih površin v spomladanskem obdobju, da rastline razvijejo globlji koreninski sistem. Da pa ne bi po hidromelioracijskih jarkih v času padavin s kmetijskih površin voda pospešeno odtekala, so na križanjih jarkov s cestami cevni prepusti zgrajeni kot »dušilke«. Prepusti imajo torej namenoma majhno pretočnost (tj. premer cevi), ki zadošča za odtok izcednih/dreniranih voda, a hkrati zadrži (»duši«) odtekanje padavin s kmetijskih površin. Enako funkcijo zagotavlja tudi zaraščenost melioracijskih jarkov v poletnem in jesenskem času. Prepusti in zaraščenost torej zagotavljajo zadrževanje padavinskih voda, s čemer se lahko zmanjšajo dotoki na dolvodne urbanizirane površine in hkrati poveča čas, ko padavine s kmetijskih površin lahko napajajo, tj. bogatijo podzemne vode.

Ko se ob visokih padavinah v javnih medijih prikazujejo poplavljene kmetijske površine kot velik problem, se poraja logično vprašanje – ali bi bilo bolje, da kmetijske površine ne bi bile poplavljene in bi se količine odtekle vode z njih razlile po urbaniziranih površinah? Padavinska voda namreč potrebuje prostor, kjer se lahko razlije.

Po »enostavni logiki« se pojavljajo ideje in posegi, da se naj menda »poddimenzionirane dušilke« zamenjajo z večjimi premeri cevi prepustov, »da bo voda hitreje odtekala« s kmetijskih površin. In



Slika 2: Novica: "Občani grmovje odstranjujemo kar sami" – v korist lastne škode? Vir: 03.10.2024: https://n1info.si/novice/slovenija/



Slika 3: Dvojna cev prepusta seveda poveča odtok padavinskih voda po melioracijskem jarku. Si večji dotok res želijo v dolvodnem naselju?



Slika 4: Gorvodno od naselja so kmetijske površine z melioracijskimi jarki (rjavi). Si v naselju res želijo »očiščene vodotoke« (modri) in povečanje cevnih prepustov na melioracijskih jarkih? Povečan dotok v vodno vozlišče (rdeče črtkano) poveča poplavljenost naselja.

številni zahtevajo »redno čiščenje« jarkov in vodotokov...

Na prikazu rabe prostora, vodotokov, jarkov in cest je razvidna povezava »razpršenih ukrepov« (povečanje cevnih prepustov...) na hidromelioracijskih jarkih s povečano poplavno nevarnostjo v dolvodnih območjih poselitve.

Vprašanje je, kdo (kmetijci, vodarji, prostorski načrtovalci...) naj odloča o takem povečevanju odtokov oz. prepreči nesprejemljive posege? Pa čeprav gre za enostaven poseg, npr. zgolj za zamenjavo betonske cevi na poljski poti z večjo cevjo, za čiščenje melioracijskih jarkov v neprimernem času,...

Pomanjkanje vodarjev s specifičnimi znanji in v širši družbi pomanjkljivo znanje o osnovnih konceptih »zadrževanja padavinskih voda na vsakem koraku« ima lahko številne posledice: neugodno povečevanje/pospeševanje odtoka, zaradi zmanjšanega ponikanja posledično sušne razmere v tleh, povečanje poplavne nevarnosti v dolvodnih območjih idr. Celovito ravnanje z vodami zahteva razumevanje številnih procesov in njihovih soodvisnosti.

Objekti na vodotokih morajo zagotoviti ustrezno delovanje v različnih obratovalnih pogojih

Pri visokih vodah se na vodotokih vedno znova v javnosti poroča o »težavah«, zaradi povečanih pretokov, erozijskih procesov, ujetega plavja, odlaganja plavin idr. Čeprav je splošno znano, da se bodo te (nekoč) zgodile, naj bi nas ti pojavi še presenečali?

Fotografija razmer na premostitvi kaže, da je treba upoštevati obremenitve zaradi visokih voda, plavja, erozije... in zraka, saj razpenjen vodni tok zahteva večji pretočni prerez kot zgolj vodni tok.

In dodatno vprašanje: je mostna konstrukcija dimenzionirana na horizontalne obremenitve?

Vedno znova je treba opominjati, da morajo biti pri objektih ustrezno predvidene rešitve za vsaj 3 obratovalne razmere (IZS, 2007), da se zagotovijo ustrezne razmere pri »običajnih obratovalnih pogojih«, pri »izrednih obratovalnih pogojih« oz. pri »ekstremnih/izjemnih obratovalnih pogojih« (kratice: OOP/IOP/EOP). Na ta način načrtovalci, izvajalci oz. lastniki (posredno upravljalci) takšnih objektov zagotovijo tudi, da ne bo neugodnih vplivov na tretje osebe, nepremičnine, dejavnosti...

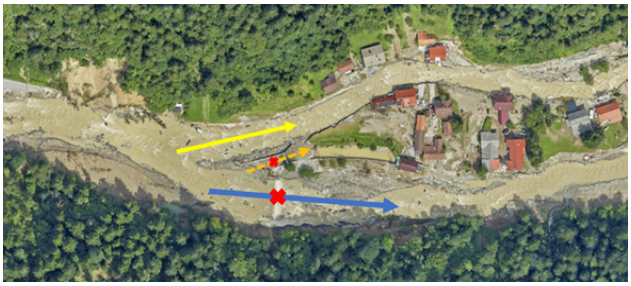
Oglejmo si to na primeru male HE. Gre za to, da je treba urediti razmere:
- OOP: v času običajnega obratovanja mHE, z zagotavljanjem Qes ipd., vključno v času običajnega neobratovanja, npr. v času rednih vzdrževalnih del ipd.
- IOP: v času izrednih dogodkov, kot je npr. prekinitev (izpad) običajnega obratovanja, strojelom (okvara strojev ali naprav...), zamašitev vtočnih rešetk s plavjem ali »nabiranje« plavja na pregradnem objektu do višine projektnega pretoka ipd.
- EOP: v času izjemnih dogodkov, kot so npr. razmere pri pojavu visokih visokih voda, višjih od projektnega pretoka, pri prekomernem dotoku plavja (npr. zaradi vetroloma, plazenja brežin/pobočij ipd.), vse do namernih dejanj (sabotaža...).

Na pregradah so npr. v ta namen predvidene regulacijske/izpustne naprave (zapornice), visokovodni prelivi in dodatni varnostni prelivi za izjemne pogoje. Lastnik oz. upravljalec takšnih objektov mora torej ravnati v skladu z dejanskimi razmerami (OOP/IOP/EOP), saj je splošno znano dejstvo, da se ob visokih vodah pojavijo tudi plavje in plavine.

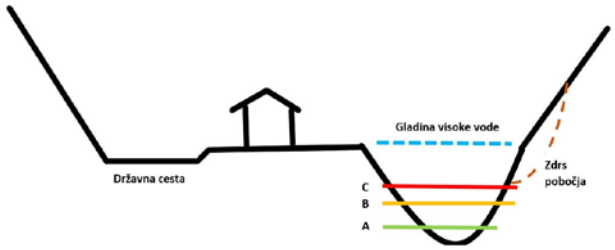
Pred naseljem Struge v Občini Luče je bila pred leti umeščena pregrada za dovod vode na malo HE, kasneje pa je bila pregrada še nadvišana, kar



Slika 5: Premajhna pretočna (svetla) odprtina mostu, ujeto plavje, izpodjedeni mostni opornik, ... - in zasuk mostne konstrukcije!



Slika 6: Stanje pri EOP – pretok višjih visokih voda preko pregrade je bil zaradi plavin in plavja zmanjšan (modro), dovoda na strojnico (oranžno) ob visokih vodah pa ni. Seveda visokim pretokom preostane le še koridor (rumen) vzdolž državne ceste.
Podlaga: Foto Atlas voda, Občina Luče, 2023.



Slika 7: Skica prečnega prereza pri mHE: nivoji kaštne pregrade (A), višje krone pregrade zaradi mHE (B) in nadvišane krone za mHE (C). Visoki pretoki so 2023 spodjedli spodnji del brežine in nastal je usad.



Slika 8: Dolinski profil ob mHE. Ali bo nov oporni zid državne ceste (rjava puščica) ščitil pred izlivom visokih visokih voda Savinje (EOP) na državno cesto? Bodo tedaj tudi stavbe v območju enako (majhne) poplavne nevarnosti kot državna cesta? Stanje: 05.10.2023.

je povečalo proizvodnjo električne energije. Dogodke avgusta 2023 lahko uporabimo za razmislek ali so pri mHE bile ustrezno urejene razmere pri OOP/IOP/EOP. Spodnja fotografija pokaže tudi, da je bil zaradi ujetega plavja zmanjšan pretok preko pregrade mHE, da je bil prekinjen pretok do strojnice (ki ne obratuje ob visokih vodah) in je zato visoki vodi preostal le še koridor vzdolž državne ceste. Ni znano, kako je tu bilo predvideno varnostno prelivanje ob višjih visokih vodah, tj. ob EOP.

Državna tehnična pisarna (DTP) je po terenskem ogledu (27.09.2023 in 05.10.1012) v strokovnem mnenju zapisala: »Ugotovljeno je bilo, da je po močnem deževju med 4. in 5. avgustom 2023 reka Savinja spodjedla spodnji del brežine, v kateri se je nato formiral velik usad, ki je v najvišjem delu segal v višino cca 80 m.« Vendar pa DTP ne zapiše, ali je zdrs pobočja morebiti sprožil vpliv mHE – ta del analize pa je ključen.

Leta 1990, ko so se prav tako pojavili ekstremni pretoki (EOP), je na lokaciji pregrade mHE že obstajala kaštna pregrada, vendar z bistveno nižjo krono. Tedanji vodostaji pred pregrado niso vplivali na brežino v takšni meri, da bi povzročili zdrs pobočja.

Dejstvo je, da so se zaradi krone pregrade mHE, višje kot je bila krona kaštne pregrade, pojavile gorvodno od pregrade mHE tudi višje gladine. Zato se je utemeljeno vprašati ali je izgradnja dodatno nadvišane pregrade mHE bila (delni) vzrok za zdrs pobočja?

Na spletni strani (GOV.SI, 10.01.2024) je bilo objavljeno: »Na sestanku so minister za okolje, podnebje in energijo, državni sekretar in Vodja Službe za obnovo po poplavah ter direktorica Direkcije Republike Slovenije za vode lastniku male hidroelektrarne v Strugah pojasnili, da je za vsak poseg v vodno ali priobalno zemljišče skladno z Zakonom o vodah potrebno pridobiti mnenje o vplivu gradnje na vodni režim ali stanje voda oziroma vodno soglasje.« In še: »Zaradi grozečega plazu v vasi Struge dolgoročno delovanje hidroelektrarne tam ni več mogoča.«

V prihodnosti naj bi torej bil objekt mHE odstranjen – seveda če ne bo dokazano, da mHE nima vpliva na tretje osebe, npr. na udeležence v prometu na državni cesti..., pri vseh primerih, OOP/IOP/EOP. Ugotovitve ali je mHE bila (delni?) povzročitelj zdrsa brežine bodo lahko podlaga tako za uveljavljanje odškodnin za poškodovane objekte v Strugah, kot tudi za ugotavljanje bodoče stopnje nevarnosti in s tem dokazovanje, da je treba vse objekte v Strugah preseliti, kot tudi za določitev poplavne nevarnosti za udeležence v prometu oz. za izvedbo zadostne odpornosti državne ceste na škodljivo delovanje voda.

Zaključek

Forenzična analiza poplavnih dogodkov je potrebna, ker podaja tudi natančnejše razlage vzročno posledičnih povezav. S tem bodo tudi sanacijski ukrepi in bodoče investicije v zmanjševanje naravnih nevarnosti in povečanje odpornosti človekovih posegov primernejši in večnamensko učinkovitejši.

Na veliko antropogenih posegov v prostor in vode vodarji praviloma nimajo vpliva. Še tedaj, ko poznajo neugodne naravne in antropogene danosti so zgolj mnenjedajalci. Forenzična analiza ključnih dogodkov in poplavnih škod bi lahko služila za večje upoštevanje argumentov vodarske stroke, za izdelavo nabora primerov dobre prakse pri protipoplavnem ukrepanju, pa tudi za zaščito integritete vodarjev. Čez nekaj (deset) let se bodo namreč pojavili očitki vodarjem: »pa kaj vam je vendar bilo, da ste betonirali in kanalizirali vodotoke«?

Prispevek namenoma prinaša več vprašanj kot odgovorov. Po obdobju intenzivne intervencije in nujnih sanacij je čas za sistemske ukrepe, teme-

lječe na razmisleku o doseganju trajnostnih ciljev družbe, integralnosti vodnega gospodarstva, stopnji samozaščitnega ravnanja subjektov in ne nazadnje, tudi o socializaciji stroškov po ujmah. In ne, pri tem ne gre za »socialistične pristope«, temveč za jasnost v javno-zasebnih relacijah, ko je znano: komu stroški in komu koristi?

Viri

GOV.SI, 2024. Lastnik male hidroelektrarne v Strugah bo moral odstraniti popravljen jez. Spletna stran: https://www.gov.si/novice/2024-01-10-lastnik-male-hidroelektrarne-v-strugah-bo-moral-odstraniti-popravljen-jez/

IZS, 2007. Dan inženirjev: Gospodarjenje z vodami, F. Steinman, Maribor.

SANACIJA NEUREJENE STRUGE REKE SAVE ODSEK HE MEDVODE DO JEZU V TACNU
POSEGI DRŽAVE V VODOTOK REKE SAVE IN SORE BREZ DINAMIČNE ANALIZE VODNEGA TOKA PRI RAZLIČNIH PRETOKIH REK IN POSLEDICA

prof. dr. Jože Duhovnik, LECAD, Univerza v Ljubljani, upokojenec

Povzetek

Obravnavan je problem periodičnih poplav na področju Medvode in vasi Vikrče glede na nova spoznanja v poplavah leta 2023. Zbrani podatki nedvoumno potrjujejo, da je model postavitve HE Medvode na sedanji lokaciji in nato izvedena regulacija struge dolvodno neprimerna, saj ne upošteva pritoke reke Sore. Posamezni objekti, ki so postavljeni s soglasjem države niso problematični zato, ker tam stojijo ampak je njihova niveleta neprimerna. Izrazito izstopa lokalni most pri Občini Medvode, ki je za en meter prenizek, nato nova brv čez Savo, ki je za okoli 1,5 m prenizko nivelirana in hkrati je bila zasut stranski rokav reke Save. V prispevku želimo predstaviti logične ukrepe, ki naj omogočijo normalno sobivanje tudi v času poplav, izven obdobij visokih voda pa čim večjo izkoriščenost obrežja obeh rek. Male in stalne sanacije brežin samo motijo resna načrtovanja, zato s tem prispevkom želimo vzpodbuditi resen razmislek o trajnih rešitvah, kjer se morajo srečati vsi, ki razumejo in obravnavajo naravo in njeno danost.

Uvod

Stanje vodotokov v vsaki državi predstavlja nivo znanja in poznavanja narave, ki ga določena stroka zmore in razume. Praviloma želi vsaka država zagotoviti urejeno odvodnjavanje s trajnostnim vstopom v okolje in ustreznim razumevanjem vode od izvira do izlivov na njenih mejah. Države, ki tega znanja ali razumevanja o naravnih pojavih ne zmorejo urejati smiselno in naravi primerno, imajo posledično najprej škodo na infrastrukturi, nato na stavbnem imetju in kot najhujša oblika neurejenega gospodarjenja z vodotoki tudi z izgubo življenj.

V uteho državljanom država poskuša organizirati razne skupine za reševanje in pomoč ter spodbuja državljane k skupinski pomoči, vendar je taka organizacija skupinske pomoči ob naravnih ujmah zgolj prepričevanje državljanov, da država skrije pred državljani pomanjkljivo znanje o naravi in o pravilnih posegih človeka v samo naravo.

V preteklosti so bili presežni pojavi poplav ovred-

noteni s pomnjenjem poplavnih pojavov (na sto let, na petsto let ali na tisoč) in tako so bili podatki tudi zabeleženi. Ob spremembah v naravi, višji temperaturi v okolju, večjim izparevanjem vode v različnih oblikah v krajših ciklih, povečanju temperaturnih razlik so se naravni cikli kroženja vode začeli pojavljati bistveno hitreje in seveda siloviteje, zato je mera npr. o tisočletni vodi vse manj primerna, je pa dobra osnova, da o njej sploh razpravljamo.

V času razvoja vsake države se načrtovalci izrabe prostora le redko ukvarjajo z celovitim pregledom parametrov vpliva na okolje, še posebej, če gre za državne projekte, ki so praviloma vsiljeni v naravo kot prepotrebni razvojni projekti. Zato je ob takih posegih postavljanje vprašanj o utemeljenosti, upravičenosti največkrat ocenjeno s strani vlade izbranih strokovnjakov kot nerganje ali še huje zavlačevanje razvoja, ki ga določena politika vsiljuje. Tako praviloma vedno zmaga vsiljena, nastopaška rešitev, ki dolgoročno predstavlja povečano nevarnost ali pa v našem primeru, stalno ciklično ponavljanje poplav. Država v takih primerih poišče »prave« strokovnjake, ki nato praktično na nivoju amaterski stroke, kljub doktoratom želijo potrditi pravilnost izvedbe. Narava pa skozi čas dokaže, da je bila realizacija inženirskega objekta slabo domišljena in ne dokončno izpeljana.

V našem primeru bomo obravnavali primer povodja na Sotočju reke Save in Sore. Točneje za reko Savo od HE Medvode do Jezu v Tacnu in reko Soro od vasi Dol pri Sori do Sotočja reke Sore in Save. Primer je zanimiv saj v geopolitičnem pomenu predstavlja mejo od Sotočja reke Sore in Save dolvodno za srednjo Savo in od Sotočja obeh rek gorvodno Zgornjo Savo. To mejo ni določila mednarodna komisija, ampak državni uradniki v okviru ministrstev. V praksi taka razdelitev sama po sebi predstavlja mejno področje, ki praviloma vključuje dva različna pristopa politik, oziroma urejanja. Ker je glavnina naselja, center Medvod vezan na Sotočje, je zato center Medvod obsojen na poplave, še posebej, če so različne strokovne ocene utemeljene na napačnih temeljih. Podrobneje so posledice predstavljene v [2].

Članek, ki smo ga pripravili je utemeljen na modelu Zlate zanke v konstrukcijskem procesu [1] (2004,2006 in 2013, glej SICRIS, osebna biografija), kjer so postavljena načela celovitega obravnavanja konstrukcije ali projekta, vključno z uporabo standardov. Avtor ima okoli 60 člankov v WOS evidenci. Želimo poudariti, da je celovit pristop v konstruiranju ali projektiranju bistvena odlika avtorja, ki izvede projekt ali izdelek.

Opredelitev problematike vodotoka Save in Sore

Reka Sava je izrazit hudournik, ki ima povodje v enem delu v julijskih Alpah, v drugem delu na območju Karavank in tretjem delu še dela Kamniških Alp.

Julijske Alpe s svojim južnim grebenom ustvarijo pri gibanju zračnih mas iz vzhodnega dela Padske nižine izrazito kompresijo in nato na severnem delu grebena Slapnik, Črna prst, Vogel, Bogatin in Krn izrazito dekompresijo. Skladno z zakoni termodinamike (i,s diagram) se zato pojavijo na severnih pobočjih izrazite padavine, včasih dež, včasih sneg, odvisno od temperature zraka. Zahodni efekt grebena se pojavi tudi pri grebenu gorovja Kanina do Rombona, ki prevzame prvo fronto zračnih mas iz Padske nižine, zato so v tem delu padavine obilne. Kljub velikim padavinam v predelu Kanina se deževni nalivi vpeljejo v kraške jame, zato je poplav v soški dolini od Kobarida navzgor manj.

Padavine z južnim grebenom Julijskih Alp se pojavijo v večji gostoti, ki pa jo delno kompenzirata Pokljuka in Jelovica, medtem, ko sta obe dolini, Selška in Poljanska, kot ustvarjeni za zbiranje padavinskih voda in zato ima količina padavin na tem območju večji vpliv, saj konfiguracija terena ne omogoča naravni ponor zemeljskih in podzemeljskih voda.

Kdaj in kje se torej pojavljajo poplave je odvisno izključno od tega, kako se dežni oblaki prevalijo preko opisanih grebenov in v katerem področju prihaja do padavin. V vsakem primeru je primerno, da padavine smiselno usmerimo v naravne zalogovnike ali rezervoarje in nato količino zbrane vode ob kontroliranem pretoku spuščamo dolvodno po opredeljenih strugah. Modeli, za določanje količine zbrane vode, ki upoštevajo absorbcijo zemljine, absorbcijo podzemnih jam oziroma mejnih plastnic je na razpolago dovolj in se v svetu običajno uporabljajo, zato jih v tem prispevku ne obravnavamo. Prav bi bilo, da se ti modeli končno uporabljajo tudi v slovenskem prostoru pri po javnih naročilih opredeljeni stroki. Ne glede na to pa bomo predstavili bistvene podatke, ki so po našem mnenju pomembni za projektiranje strug reke Sore in Save oz. za sprejemanje odločitev oz. definiranje projektnih nalog.

V našem primeru smo upoštevali za maksimalne pretoke reke Save iz projektnih podatkov za obe pregradi HE Mavčiče in HE Medvode, ki so na uradnih straneh podjetja SEL (iz leta 2023) in so predstavljene v [2].

Po javno dostopnih podatkih [2] so glavni tehnični podatki za HE Medvode naslednji:

Pretok srednji:	65,2 m^3/s	Volumen pregrade:	3,05 hm^3
Stoletna visoka voda:	1.670 m^3/s	Razpoložljiv volumen (-1,7m):	1,12 hm^3
Tisočletna visoka voda:	1 .954 m^3/s	Instalirana moč:	2 x 13,5 MW
Instaliran pretok:	2 x 75 m^3/s		

Uraden podatek upravljalca HE MEDVODE [3] za časovno območje poplav 3.8.2023 je 950 m^3/s. Podatki za HE Medvode so kot mejne vrednosti upoštevani za pretok Save do Sotočja.

Podatki o maksimalnih pretokih reke Sore so upoštevani po poplavah leta 2023, ko je bila porušena merilna postaja v Goričanah zaradi visokih voda. Po nekaterih podatkih je bil maksimalni pretok Sore med 800 do 850 m^3/s, SEL navaja v svojem poročilu [3] da je bil pretok nad 900 m^3/s. Pri nadaljnjem ocenjevanju pretokov bomo upoštevali konzervativno oceno.

Reki Sora in Sava se v Sotočju združita in glede na izmerjene pretoke lahko ugotovimo, da sta bili reki skoraj z enakim pretokom oz. skupen pretok dolvodno je bil v tistih urah vsaj 1900 m^3/s. Praviloma se pretok na merilni postaji Medno zmanjša, kar je samo posledica razlivanja poplavnih voda po kmetijskih in stanovanjskih območjih. Pri tem je treba dodati še dodatno količino vode potoka Mavelščica, ki pa je glede na obravnavane količine minorna.

Od Sotočja v Medvodah do pritoka Ljubljanice so pritoki manjših potokov, zato je podatek o maksimalni vodi enak oziroma manjši zaradi razlivanja reke Save izven struge. V primeru, da upoštevamo še podatek o stoletni oz. tisočletni vodi bi v tem primeru imeli maksimalni pretok največ 2.900 m^3/s. Ker bi tako visok vodostaj povzročil odvajanje vode v prodnati obrežni teren lahko pričakujemo da bi se dejanski pretok zmanjšal za cca 10 do 20%, kar je specifika tega področja. Z veliko gotovostjo pa lahko trdimo, da bi struga reke Save morala biti projektno zasnovana za pretok maksimalnih voda 2.500 m^3/s.

Avtorji so za MOP in JARDRS [5] poskušali razviti posebno metodo za določanje visokovodnih valov glede na pripadno površino za določeno lokacijo vodotoka. V našem primeru smo njihove rezultate predstavili v Tabeli 1, za področje 3000 (Sava in pritoki Bohinjke in Dolinke) in 4000 (Sava brez rek Ljubljanice, Savinje in Krke). Poenostavitev je izvedena tako, da je opredeljena zgornja ovojnica, glavna krivulja in spodnja ovojnica. Pri čemer je upoštevana intenziteta padavin (med 2 mm/h do 120 mm/h) in tudi trajanja padavin (med 3 in 6 ur), ki jo opredeljujejo Huffove krivulje.

Podatki izkazujejo maksimalno vrednost pri tisočletnih vodah, ki so v tej tabeli primerljive s stoletnimi vodami za reko Savo (1.954 m^3/s) in pripad vodnega toka reke Sore v Medvodah v Sotočju (cca 870 m^3/s).

Če primerjamo vrednosti izmerjenih in izračunanih pretokov lahko potrdimo, da za maksimalni pretok preko HE Medvode lahko upoštevamo 1.950 m^3/s in da je od Sotočja v Medvodah upravičeno upoštevati dodatno še 850 m^3/s ali skupaj 2.800 m^3/s, če želimo dimenzionirati pretočnost struge od Medvod do Šentjakoba. Zmanjšanje pretoka določimo s faktorjem sočasnosti tisočletnih voda v vrednosti 0,8. Določeni avtorji [6], navajajo da ja pri Q_{500} pričakovati dotok Sore na lokacijo Suha pri Škofji loki do 1.115m^3/s (Q_{500}). Ta podatek odstopa za več kot 20% in je najbrž posledica strahu zaradi poplav v letu 2023. Da so dobili tako vrednost so avtorji enostavno seštevali pripadne vode, brez absorbcije zemljine ali ponora vode v podzemeljske kaverne in seveda naravnega zadrževanja v, skozi ali ob rastlinju, grmovju in gozdičev. Podatek ne bomo uporabili, ker je izpeljan strokovno nedodelano, zato je manj uporaben.

Tabela 1: Izračunani pretoki Save za HE Medvode in pred izlivom Ljubljanice v Savo (z uporabo Huffove krivulje) glede na intenziteto padavin in njihovo trajanje.

	Enota mere	reka Sava dolvodno (po sotočju Bohinjke in Dolinke)	reka Sava gorvodno (pred vtokom Ljubljanice Savinje in Krke)	Opomba
Zgornja ovojnica	m^3/s	2.128,6	2.999,5	
Glavna krivulja	m^3/s	1.185,5	1.199,7	
Spodnja ovojnica	m^3/s	150,8	477,9	
Opomba o prispevnih površinah		Prispevna površina po oceni 1.420 $km^{2.}$ Lokacija, ki lahko opredeljuje HE Medvode	Prispevna površina po oceni 1.850 $km^{2.}$ Lokacija, ki lahko opredeljuje Šentjakob pred izlivom Ljubljanice.	

V dokaz zgornji trditvi bomo uporabili podatke iz vira [3], ki so zbrani v Tabeli 2 in predstavljajo pretoke ob vseh visokih vodah na področju Medvod.

Tabela 2: Predstavitev pretokov pri visokih vodah na področju Medvod, in dokazujejo absorbcijo tal in gozdičev na razlivnem področju v spodnjem delu Medvod in Vikrč, kjer prebivalci dokazano doživljajo poplave.

	Lokacije merilnih mest				Absorbcija v poplavnem področju spodnjega dela Medvod		Razmerje med pritokom reke Sore v skupno strugo reke Save
Datum visokih voda	HE Mavčiče in HE Medvode	VP Sora Suha	VP Sora Medvode	VP Sava Medno	Absorbcija razlivnega polja	Odstotek absorbcije pretočnih voda	
	pretok v m^3/s	pretok v m^3/s	pretok v m^3/s	pretok v m^3/s	v m^3/s	%	%
01.11.1990	900	687	732	1351	250	18,50	54,18
06.12.1992	1000	303	336	1097	239	21,78	30,62
07.11.2000	1060	356	422	1194	288	24,12	35,34
19.09.2007	930	431	424	1157	197	17,02	36,64
19.09.2010	730	467	519	1177	72	6,12	44,09
05.11.2012	1014	426	423	1319	118	8,94	32,75

Iz tabele je mogoče razbrati, da delež absorbcije tal v poplavnem področju spodnjega dela Medvod in Vikrč nima neposredne povezave s pretokom reke Sore in zato ni mogoča racionalna povezava. Lokalni prebivalci vedo, da je absorbcija zemljine večja, če je padavin v območju Polhograjcev na vzhodnem delu od grebena Šentviški hrib, Toško čelo, Sv. Jakob in Studenčice malo, ker so tla manj obremenjena.

Iz vira [3] lahko razberemo, da je pripravljenost za akumuliranje vode v akumulacijah HE Moste, Mavčiče in Medvode s strani upravljalcev pred nalivi v letu 2023 relativno majhna. To lahko dokažemo s tabelo T3.

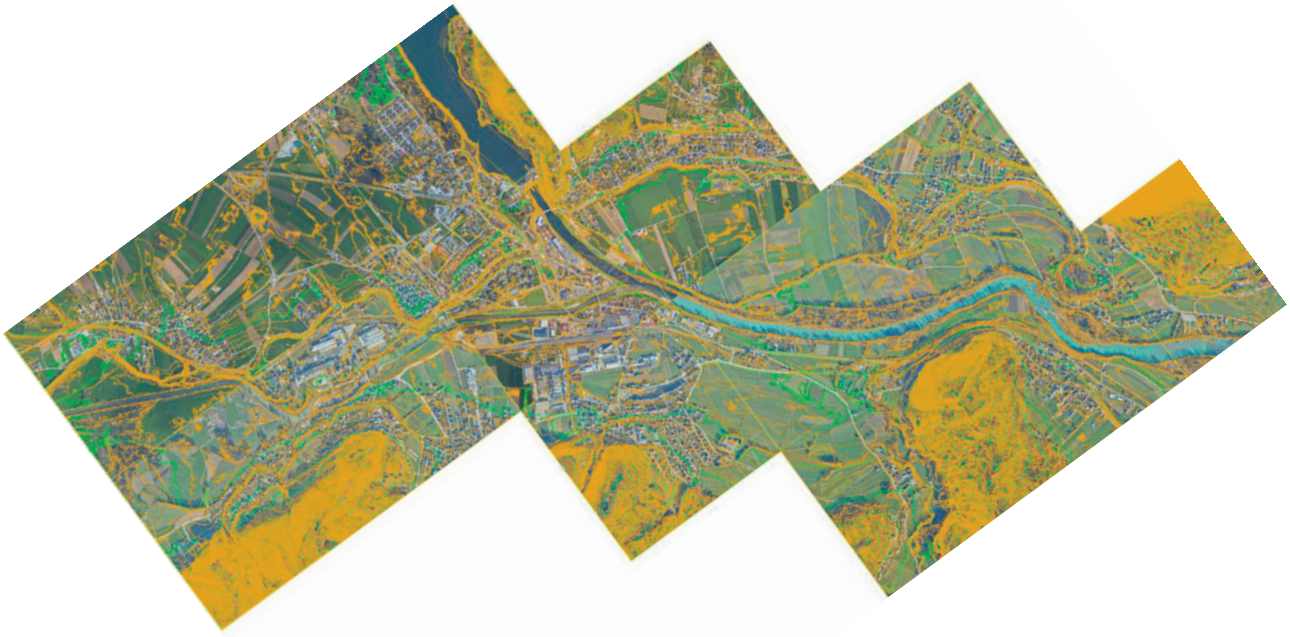
Tabela 3: Predstavitev dejanskih od možnih akumulacij na vseh HE objektih zgornje Save.

Objekt Zg. Save	Dejanska globina izpusta	Dejanska akumulacija hm^3	Dovoljena globina izpusta	Dovoljena akumulacija hm^3	Opomba
HE Medvode	-1,00	0,705 hm^3	-1,7	1,2 hm^3	
HE Mavčiče	-1,45	0,25 hm^3	-1,7	1,7 hm^3	
HE Moste	-3,53	1,606 hm^3	-6,25	2,845 hm^3	
Skupaj		2,561 hm^3		5,745 hm^3	

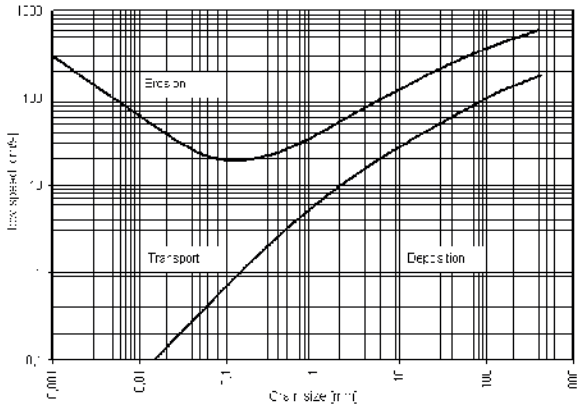
V času največjih poplav je bilo izkoriščene vse akumulacije v skupni vrednosti 2,561 hm^3, kar je od skupne 5,745 hm^3 komaj 44,6%. V primeru, da zadrževali v akumulacijah okoli 100 m3/s bi zagotovili časovni pas pri akumulaciji 3,184 hm^3. oziroma 31.840 sekund ali 8,84 ure.

Stanje in posnetek LIDAR

Pri analizi stanja struge oz. njeni premikih je primerno uporabljati LIDAR posnetke. Za obravnavano področje lahko po Sliki 1. ugotovimo spremembe struge reke Save in tudi Sore. Vse spremembe so bile stopnjevano generirane s strani urbanističnih načrtovalcev, ki dolgo časa niso razumeli, da sta obe reki Sora in Sava klasična alpska hudournika, ki imata razmerje med minimalnim pretokom in tisočletnim pretokom med 20 do 30 krat. Tako različnost v pretoku moramo v naravi upoštevati povsem drugače, kot pa npr. spremembo pretoka do 5 krat.



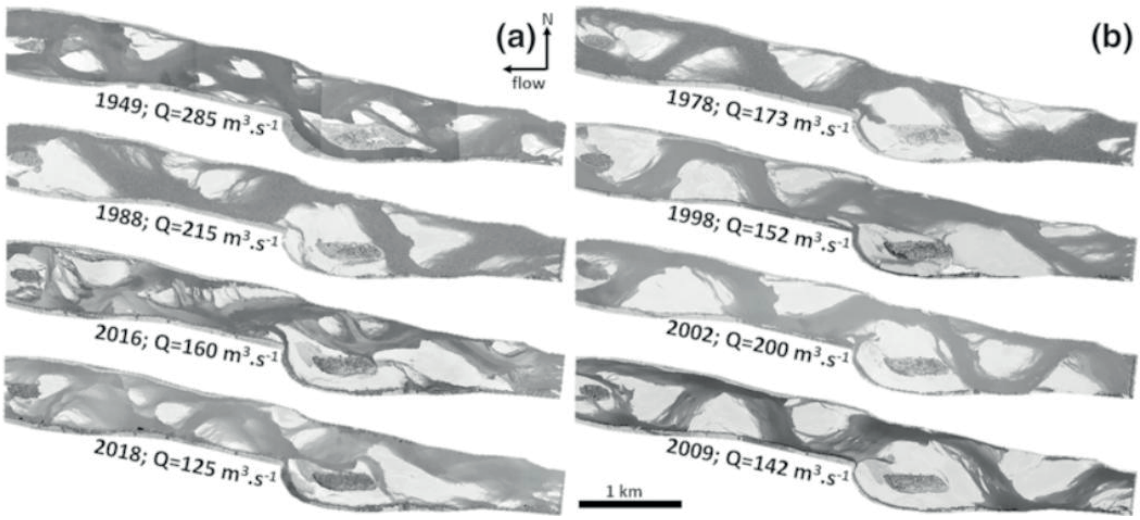
Slika 1: Prikazani so podatki iz LIDAR posnetka vključno z ravninami višin.
Iz detajlne slike je razvidno, da je bil reki Savi ukraden levi breg, kjer je bila pred sto leti pozicionirana.
Šele z izgradnjo HE Medvode in nepravilno ureditvijo dolvodne struge do Medna, predvsem z njeno zoožitvijo dna struge na vsega 55 m se je povečala intenzivnost poplav vsem že pred letom 1952 zgrajenih hiš tako v spodnjem delu Medvod kot tudi v Vikrčah.



Slika 2: Hjulstrom-Sundborg diagram določa gibanje trdnih delcev v odvisnostiod velikosti in hitrosti vode v preseku struge. [7]

Temeljno pravilo pri takih analizah mora izhajati iz dejstva, da moramo uporabiti hidrodinamični model in da je statični model načrtovanja primeren za spremljanje podatkov vzdolž tokovnic vodotoka. V vsakem primeru pa so razdruževanja ali zlivanja dveh rek pojavi, ki morajo biti analizirani dinamično, zato je uporaba statičnih modelov strokovno neverodostojna.

Ob vseh analizah pa je treba upoštevati bistveni element vodnega transporta trdih delcev, ki se začne z delci manjšimi od 1 mm pa tja do skal premera do enega metra. Status gibanja trdih delcev pri različnih hitrostih dokaj dobro opisuje Hjulstrom krivulja na Sliki 2.



Slika 3: Spreminjanje vodnega toka (reka Loire, Francija) letih med 1949 do 2018 s kompleksnimi oblikami granul in razmerjem širine proti dolžini a) 1 do 2 in b) pri granulah, ki imajo razmerja enaka. Pri velikih spremembah pretokov se granule različnih geometrij obnašajo bolj nedoločeno, struga se pomembno spreminja in je nedoločena, medtem ko pri granulah z enakimi stranicami in manjšo spremembo pretoka dobivamo bolj določeno obliko struge, ki se prilagaja optimalnim razmeram v transportu.

Posledica različnih hitrosti vzdolž vodotoka pa se pozna na notranjih zavojih kot usedanje večjih trdnih delcev in na zunanjem zavoju ob spremembi vektorja hitrosti z efektom erozije, ki je predstavljena po viru [8]

Po sliki 3. lahko sklepamo, da je za bolj določen pretok z manjšimi spremembami pretoka primerna uporaba vodotokov z manjšem številom zavojev in večjimi radiji. V primeru velikih spreminjanj pretočnih količin je primerneje uporabiti enakomerno širino vodotoka, ki zagotavlja večjo pretočnost tudi ob manjših padcih. Ker so bile meritve izvajane v obdobju 69 oz. 31 let lahko rezultate upoštevamo kot verodostojne in jih smiselno uporabimo pri načrtovanju ukrepov v naravi.

Smiselno urejanje hudourniških voda

Urejanje hudourniških voda mora glede na preglede literature zasnovati na posnetkih LIDAR, ki nedvoumno dokazujejo zmožnosti sprejemanja različnih pretokov določenega vodotoka. Pri tem je potrebno po našem mnenju upoštevati pogoje minimalnih pretokov v enoletnem in vsaj desetletnem obdobju. Zaradi gradnje raznih inženirskih objektov na posameznih odsekih vodotokov je njihov vpliv na pretočne količine lahko izjemno velik, zato moramo pri frekvenci obremenitev vodotoka njihove tehnološke pogoje posebej skrbno upoštevati.

Povsem drugačno stanje pa imamo v primeru velikih neurij, ko je njihov povprečen pretok presežen do 20 x ali celo 30 x. V takih primerih je potrebno strugo reke oblikovati tako, da se zagotavlja stalen in enoznačen profil brez zadrževanja vodnega toka, to je brez ovir (npr. odlaganega materiala, grmičevja in/ali dreves). Pri tem je treba poudariti, da ni pomembno strugo samo zgraditi, ampak je bistveno tako zgrajeno strugo vzdrževati na tehnološko uspešen in ekonomsko upravičen način. Zato morajo projekti urejanja strug nujno predvideti načine vzdrževanje, načine odzivanja vzdrževalcev ter uporaba čimbolj standardne opreme za vzdrževanje, ki mora zagotavljati povečano stopnjo avtomatizacije oz. daljinskega upravljanja.

Temeljni podatki za projektiranje preseka struge hudourniških voda so torej minimalni sušni pretok (Q_{min}), ki mora zagotoviti poln profil transportnega medija, torej omočenost z vodo tako, da se trdni delci sproti čistijo v smeri glavnega toka. V takem primeru je nagnjenost dna struge proti sredini, izvedba korita za nagnjenim dnom, izjemno pomembna. Ravno dno v načelu zagotavlja usedanje trdih delcev ob robu pretočnega profila zato, ker imamo tam zmanjšanje hitrosti, ki zagotavlja sedimentacijo trdih delcev.

Naslednji podatek za definicijo profila struge je normirani pretok preko inženirskega objekta (Q_{ing} zapornic, hidrocentrale ali jezu za namakanje). Nominiran pretok je pomemben podatek zato, ker nam mora presek struge zagotavljati dostop do obrežja reke in velikokrat je primerna globina vode (manj kot 1,5m) pomembna zaradi morebitnega reševanja živih bitij iz vode ali odstranjevanja naplavin.

Povprečni vodni pretok (Q_{pov})je tudi potreben podatek zato, da ohranjamo vodni tok v osnovni strugi in je običajno 20 do 30% letnih maksimalnih pretokov. Tako zagotavljamo primeren presek struge za običajne vode.

Pretoki reke, ki se pojavljajo v letnem ali desetletnem obdobju (Q_{max})pa so bistveni za projektiranje presekov, ki zagotavljajo kontrolirano poplavitev praviloma travnatih površin, ki so namenjeni košnji, saj z njo najbolje kontroliramo proste preseke brez ovir. Tako zagotavljamo primerne preseke brez vpliva na varovana območja. Bistveno pri teh površinah je, da se lahko strojno obdelujejo in da zagotavljajo ustrezno pridelavo travinja.

Ta profil je glede na relief primeren tudi za akumulacijo presežka vode pri visokih vodah, zato se ga mora tam, kjer so naravne danosti projektirati tako, da se razširi in da pridobljene površine za razlivne vode uporabimo za pridelavo travinja. Obravnavani odsek na področju Medvod je odličen primer, ki ga bomo v nadaljevanju obravnavali.

Maksimalni pretoki (Q_{1000}), ki jih mora struga zagotavljati morajo izpolniti najstrožje zahteve za varovanje okolice oz. obrežja in morajo izpolnjevati pogoje pretoka tudi pri največjih vodah. Maksimalni zahtevani pretoki so lahko definirani kot tisočletne vode ali bolje v sodobnih enotah, pripad meteornih voda v vodotokih glede na količine padavin to je v l/m^2,h in času trajanja padavin. Ti podatki so merljivi in so temeljni za definicijo padavin.

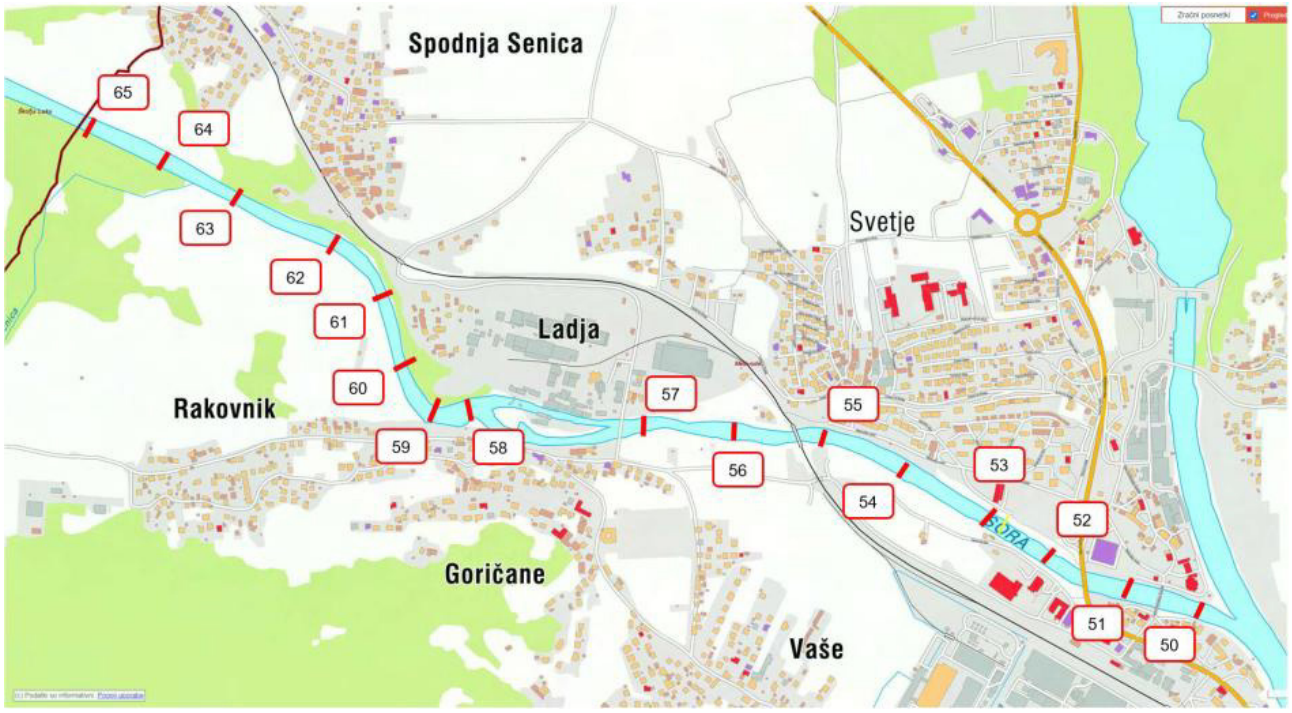
Za določitev profila struge uporabljamo pet značilnih pretokov, ki jih moramo določiti iz hidrologije pripadajočih voda za določen vodotok. V tabeli 4. so zbrani podatki za pritok reke Sore in reke Save do Sotočja in potem vrednost za skupni vodotok.

Na osnovi tabele je razvidno, da imamo tri značilne pretoke za reko Savo, ki vsak za sebe zahteva primeren presek struge in zato jih lahko enostavno opredelimo 360 m^3/s, 1.720 m^3/s in 2.650 m^3/s. Podobno razdelitev izvedemo tudi za reko Soro,

Tabela 4: Opredelitev pretokov reke Sore in Save do Sotočja in skupna vrednost pretoka.

Št.		Enota	Oznaka	Sora do Sotočja	Sava do Sotočja	Sava od Sotočja	Opomba
1	Minimalni pretok	m^3/s	$Q_{suš}$	5,72	22	27,72	
2	Pretok zaradi HE Medvode	m^3/s	Q_{ing}	0,00	150	177,72	
3	Povprečni pretok	m^3/s	Q_{pov}	59,9	300	360	
4	Maksimalni letni pretok	m^3/s	Q_{max}	270	1.450	1720	
5	Tisočletna voda	m^3/s	Q_{1000}	900	1.954	2674 ali 2463	Koeficient sočasnosti tisočletnih voda je 0,80

Podatki za reko Soro so privzeti iz vira [9].
Zaradi zavarovanja pregrade HE Medvode se upošteva maksimalni potreben pretok v vrednosti 2.650 m^3/s.



Slika 4: Situacija prečnih profilov od Sotočja do vasi Dol pri Sori

pri čemer zaradi nizke struge v zgornjem delu upoštevamo potreben pretok 270 m^3/s in 900 m^3/s, v spodnjem pa zaradi mestnega središča upoštevamo 60 m^3/s, 270 m^3/s in 900 m^3/s.

Pri predlogu bomo sledili raziskavam na trapezoidnih prerezih rek [10] in upoštevali možnost sočasne izrabe površin, ki so občasno poplavljene za pridelavo travinja in dodatno še pripravljene površine za razlivanje visokih voda pri tisočletnih voda.

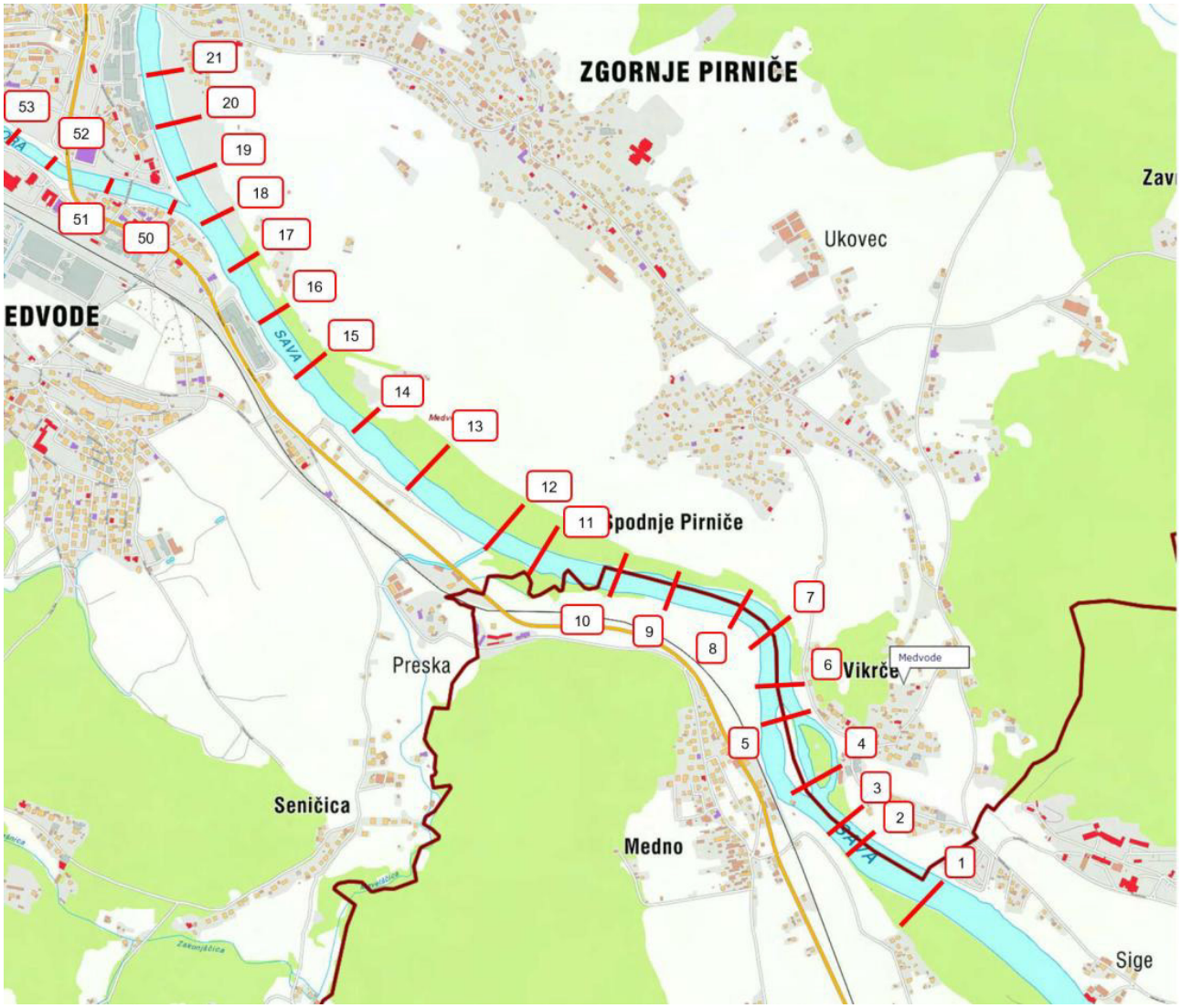
Po pregledu LIDAR-ja in vseh relevantnih podatkov smo pripravili pregled možnih vzdolžnih presekov za obravnavanje odseka od Dol pri Sori do jezu pri papirnici Goričane in nato še od papirnice Goričane pod jezom do samega Sotočja. Pri tem lahko ugotavljamo, da morajo biti izvedena nujna sanacijska dela, saj se je ureditev vodotoka izpred 10 let izkazala kot neprimerna. Ta del odseka je prikazan na sliki 4.

Drug del vodotoka reke Save pa je od HE Medvode do Sotočja in od Sotočja do Tacna. Reka Sava pa je obdelana po sliki 5.

Vsi podatki za opredelitev stacionaže in možnih prerezov struge so povzeti po [2].

Izračun potrebnih prerezov so izvedeni po Manningoyu in predstavljeni za reko Soro v tabeli št. 5.

Iz tabele 5 je razvidno, da je odsek od Sotočja mogoče izoblikovati v dveh etažah. Spodnja etaža z ozko strugo širine 40 m ima globino vodnega toka 1,5 m. Nato pa imamo brežino, ki zagotavlja najmanj širino 60 m zato, da je mogoč z leve in desne strani vzdolž reke dostop za vzdrževanje (na vsako stran po 10 m). V primeru visokih vod se ta dostop poplavi in nato voda samo narašča do mejnega robu, ki mora biti visok vsaj 5,5 m. Tak rob se lahko zagotavlja od Papirnice Goričane do Sotočja.



Slika 5: Situacija prečnih profilov na reki Savi od HE Medvode do Tacna

Tabela 5: Izračun ključnih parametrov pretočnih presekov na reki Sori glede na naravno danost za različne pretoke.

Št.	Odsek	Pretok m^3/s	Dolžina odseka v m	Padec v m	Širina struge v m	Globina struge v m	Računski pretok v m^3/s	Hitrost vode v m/s
1	Sotočje-Papirnica		2013	4,3	40	1,5	98	1,649
2		270	2013	4,3	60	2,5	345	2,306
3		900	2013	4,3	60	5,0	1.045	3,484
4	Papirnica-Dol pri Sori	270	1122	1,5	60	3	274	1,522
5		900	1122	1,5	60	3	274	1.522

Od papirnice Goričane do vasi Dol pri Sori pa je za običajne pretoke možna samo razširitev struge na 60 m in izvedba globine do 3 m, dno struge je izvedeno v nagibu 1:20. V primeru večjih poplav pa mora biti zagotovljeno razlivno polje na travnik na desnem bregu. Pri tem je treba zagotoviti odstranitev nasutja ne levem bregu pred jezom tako, da se vtok na jez poravna (odstranitev cca 200.000 m^3). Za regulacijo višine reke Sore se mora zgraditi na jezu potopna pregrada z možnostjo regulacije -4m, kar omogoča oziroma preprečuje poplavitev regionalne ceste Medvode – Sora – Škofja loka, ki je sedaj praviloma pri vsakih visokih vodah poplavljena. Izvedeni sanacijski ukrep zagotavlja dotok poplavnih voda do regionalne ceste. Ukrep je bil izveden mimo legalne komisije za poplave ustanovljen na Občini Medvode in izkazuje nizko raven kooperativnosti dela na terenu ustreznih državnih služb.

Za odsek na reki Savi pa smo dobili naslednje rezultate.

Tabela 6: Izračun ključnih parametrov pretočnih presekov na reki Savi od HE Medvode do Tacna glede na naravno danost za različne pretoke.

Št.	Odsek	Pretok m^3/s	Dolžina odseka v m	Padec v m	Širina struge v m	Globina struge v m	Računski pretok v m^3/s	Hitrost vode v m/s
1	He Medvode-Sotočje	300	300	2,1	55	1,5	249	3,023
2		1450	300	2,1	60	4,0	1.329	5,541
3		1950	300	2,1	65	5,5	2.399	6,711
1a	He Medvode-Sotočje	300	300	2,1	55+40	1,5	437	3,068
2a		1450	300	2,1	60+42	3,0	1.464	4,786
3a		1950	300	2,1	60+45	4,2	2.606	5,912
4	Sotočje-Tacen	360	3226	4,5	100	2,0	330	1,65
5		1770	3226	4,5	140	4,5	1757	2,79
6		2650	3226	4,5	160	5,5	2799	3,18

V tabeli je predstavljena rešitev z obvodnim kanalom (Verzija 1a,2a in 3a), ki zmanjšuje višino vode ob največjih poplavah za 1,3 m in zagotavlja primerno hitrost zlivanja obeh rek Sava (5,912 m/s) in Sora (3,484), kar bi s primernim oblikovanjem ustja omogočilo kakovostno srkanje toka reke Sore v glavni tok reke Save.

Profil struge v delu od Sotočja do Tacna bi moral imeti dno s trikotno obliko, kar zagotavlja usmerjenost toka po sredini struge in hkrati zagotavlja kontinuirano čiščenje dna struge. Nagib dna struge bi moral biti 1:40 ali pri 50m predstavlja višinsko razliko na dnu cca 1m.

Izračunane vrednosti predstavljajo izhodišča za konceptualne oblike struge vzdolž reke Save od HE Medvode do Tacna. Predstavljajo dobro, strokovno rešitev, ki je v naravi že bila potrjena, na problem zlivanja reke Sore v Savo na Sotočju in zagotavljajo smiselne posege v strugo reke Sore za zagotavljanje zanesljivega vodenja vodnih mas v času velikih voda. Posebno prednost dobimo predvsem s tem da izkoristimo obstoječo strugo reke Save, ki se je spremenila tako v obliki kot lokaciji zaradi posega izgradnje HE Medvode.

Modeli, ki so se predstavljali kot primerne rešitve nam po 80 letih dokazujejo, da so bili premalo natančno z upoštevanjem hidrodinamičnih modelov analizirani.

Predlog ureditve Sotočja in obeh vodotokov z enotnim pristopom

Na osnovi objavljenih raziskav v zadnjih 30 letih in na podlagi stanja struge reke Save in tudi njenega pritoka reke Sore smo poskušali predstaviti problematiko in nakazati rešitev, ki je povezana z uporabo struge Save tako kot je nekoč že bila in pri tem opredeliti logičen pritok reke Sore v Savo v območju centra Medvod. Obstaja sicer še ocena preprečitve nalaganja gramoza iz reke Sore v samo strugo reke Save zaradi premajhnih hitrosti pri tako široki strugi kot je računsko predlagana. V vsakem primeru bi bilo potrebno izdelati hidravlično študijo z dinamiko pretokov in dejanskim reliefom.

Koncept, ki pa je postavljen s tem prispevkom pa je v glavnem naslednji:

1. Urediti je treba nazaj povečano širino struge reke Save nasproti Občine Medvode v Sotočju tako, da sta oba kraka stalno pretočna. Zagotoviti je treba znižanje višine vodnega toka izpod 4,5 m zato, da se zavaruje temelje, sicer prenizko postavljene brvi čez Savo, postavljene s soglasjem DRSV.
2. Na levi strani v Sotočju je treba zagotoviti glavni tok Reke Save tako, da se umakne za cca 30 m iz sedanjega glavnega toka v levo in tako zagotovi izlivanje reke Sore v skupno strugo reke Save.
3. Vse do Tacna je treba zagotoviti širino struge več kot 160 m, kar je v bistvu stara struga oz. obrežje reke Save. S tem ukrepom zagotovimo na dolžini cca 3200 m, in maksimalni višini 5,5 m ter širini struge 160 m skupaj 2,8 hm^3 (akumulacija HE Moste). Z rednim vzdrževanjem, to je zagotavljanjem travinja ter odstranjevanjem dreves dobimo v bistvu veliko razlivno polje pred mestom Ljubljana in hkrati preprečimo poplavljanje spodnjega dela Medvod in Vikrč.
4. Z vgradnjo nastavljivega jezu v Tacnu lahko reguliramo pretočno količino vode tudi ob manjših nalivih.
5. Dograditi se mora nastavljivi, ne fiksni jez v Goričanah zato, da se lahko regulira višino razlivnega polja na Travnikih pod Rakovnikom.
6. Struga Sore skozi Medvode se mora urediti kakovostno s skalnimi zložbami zato, da se zavaruje brežino proti eroziji.
7. Desni Breg me cestnim železniškim mostom se mora zavaroviti z ustreznim nasipom, da se pre-

preči vdor poplavne vode do podvoza pod železniško progo.
8. Odstraniti se mora nasip pred jezom v Goričanah tako, da je vodni tok reke Sore usmerjen okoli 400 m gorvodno neposredno na nastavljivi jez z višino 4m.
9. Z ureditvijo brežin ter zagotovitvijo razlivnega polja v Goričanah in struge reke Save od Sotočja do Tacna bi imeli zagotovljeno dodatno okoli 3,8 do 4,0 hm^3 to pa predstavlja pri okoli 200 m^3/s pretoka zavarovanje dolvodno proti poplavam najmanj za cca 5,27 h rezanja koničnega pretoka.

Inženirski posegi v naravo so lahko odlično dopolnilo trajnostnega sobivanja, če se odgovorni tega zavedajo. V našem primeru je eden prvih korakov ta, da se geopolitika na nivoju države uskladi in določi odgovorno osebo, vodjo projekta za rešitev nesrečno postavljene meje med zgornjo in srednjo Savo.

Zaključek

Prispevek želi predstaviti potrebo po poglobljenih in povezanih analizah vseh dosegljivih podatkov ter hkrati zagotoviti zmožnost dostopa novih projektantskih hiš, ki problematiko lahko obravnavajo širše in predvsem zagotavljajo najnovejša spoznanja v svetu in so sposobni ta znanja razumeti in prenašati v naše okolje. Žal moramo ugotoviti, da je zaprt krog projektantov in recenzentov ustvaril okolje, ki ne želi prevzemati novih spoznanj in tehnologij projektiranja hidroloških vsebin.

Na enostavnem premeru, na kratkem odseku, ki ga predstavlja območje Medvode je dokazana rešitev prvo graditeljev in njihovo nepoznavanja efekta dinamičnih sil v strugi dokazala v 80 letih uporabe. Kamnite prekinjene zložbe niso izvedene z ustreznim temeljenjem in so na nepravem mestu, tam kjer je centrifugalna sila vodnega toka največja, lokacija nove umetne struge je bila namensko prestavljena na območje zasebne lastnine in da so nasledniki iste strokovne skupine dovolili neposreden poseg v naravno strugo reke Save in s tem skrčili pretočni profil.

Zaradi pomanjkljivega znanja ni bila uporabljena pravilna oblika pritoka reke Sore v Savo in sama naknadna ureditev zadnjega odseka pred izlivom v Savo ne zagotavlja zlivanje vodnih mas obeh vodotokov s primerno pretočnostjo ampak zagotavlja ustvarjanja hitrostnega čepa v Sotočju, kar posledično generira zmanjšanje pretočne hitrosti in dvig gladine reke Save in Sore. Kljub opozorilom, da je obravnava statičnega modela pri zlivanju obeh rek Sore in Save strokovna napaka, se pripombe pri zadnjem projektu ni upoštevalo in zato so bile poplave v letu 2023 strokovno generirane. Če se poplave v Medvodah ne bi zgodile, potem ne bi imeli dokaza o pomanjkljivi obravnavi zlivanja obeh rek.

Za potrditev te teze obstoja podroben video posnetek Poplave v Medvodah s strani TV Medvode. Ta posnetek in študija samega pojava je bil uporabljen za inicialno študijo predloga za rešitev problema. Problem lahko rešimo enostavno tako, da omogočimo obema rekamo uporabo njihovih starih prvotnih strug in da uporabljamo korektno vse podatke o visokih vodah brez skrbi za morebitno osebno napako.

Viri

[1] Duhovnik Jože: SICRIS osebna bibliografija, št. 4, 7, 16, 32, 33, 137,184, 721, Predstavitev uporabe Zlate zanke v konstruiranju.

[2] Vincenc Nemanič, Peter Jenko, Mirko Javeršek, Leon Merjasec, Nataša Špilak, Janez Siat, Jože Duhovnik: Programske zasnove obnove strug reke Save in Sore s pritoki, Občina Medvode, sept. 2023

[3] SEL: Pojasnilo v zvezi z delovanjem hidroelektrarn na območju Medvod ob poplavah 4.8.2023, uradna spletna stran SEL https://www.sel.si/novice/pojasnilo-v-zvezi-z-delovanjem-hidroelektrarn-na-obmocju-medvod-ob-poplavah-4-8-2023/

[4] SEL: uradna spletna stran iz leta 2023, Ljubljana, 2023

[5] Nejc Bezak, Klaudija Lebar, Matjaž Mikoš, Simon Rusjan in Mojca Šraj: Razvoj metodologije za izračun visokovodnih valov na podlagi ekstremnih padavinskih dogodkov, Ljubljana, 2003

[6] IZVO-R d.o.o., Rok Fazarinc, Celovita hidrološko hidravlična analiza porečja Selške, Poljanske in skupne Sore na območju Žiri, Gorenja vas – Poljane, Železniki, Škofja loka in Medvode s predlogom celovitih ukrepov za zmanjšanje poplavne nevarnosti, Ljubljana, 2024

[7] Hjulstroem krivulja: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hjulströms_diagram_en.PNG

[8] Jules Le Guern, Stéphane Rodrigues, Pablo Tassi, Florian Cordier, Coraline L. Wintenberger, Philippe Jugé: Migrating bars influence the formation and dynamics of their peers in large sandy-gravel bed rivers, Wiley, Febr. 2023

[9] ARSO: Mesečni bilten Agencije RS za okolje, julij 2025, urednik: Tanja Cegnar

[10] Davor Kvočka, Reza Ahmadian, Roger A. Falconer: Prediction Flood Hazard Indices in Torrential or Flashy River Basins and Catchaments, Water Resources Managment. Springer verlag, Febr. 2018

DOBRA PRAKSA IZVEDBE VODNOGOSPODARSKIH UREDITEV NA REKI MEŽI PRI IZGRADNJI KOLESARSKE POVEZAVE MEŽICA – ČRNA NA KOROŠKEM

mag. Maša Čarf, univ. dipl. biol.,
Zavod za ribištvo Slovenije, Sp. Gameljne 61a, 1211 Ljubljana – Šmartno

Urban Prislan, dipl. inž. grad.,
VOC CELJE, vzdrževanje in obnova cest d.o.o., Lava 42, 3000 Celje

Tomaž Balut, univ. dipl. inž. grad.,
CORUS INŽENIRJI d.o.o. Družba za inženiring, projektiranje in tehnično svetovanje,
Cesta IV. Prekomorske 30A, 5270 Ajdovščina

Povzetek

Porečje reke Meže spada med območja, ki so bila v času poplav v avgustu leta 2023 najhuje prizadeta. Na odseku Meže med Črno na Koroškem in Ravnami na Koroškem so vladale izredne razmere, saj je reka skoraj povsod prestopila bregove, ogrozila življenja in povzročila škodo na gospodarski javni infrastrukturi. Med najbolj poškodovano infrastrukturo spada tudi državna cesta R2-425/1265 med Mežico in Črno na Koroškem, ki predstavlja glavno cestno povezavo za celotno zgornjo mežiško dolino.

Že pred poplavami je v letu 2020 Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo pričela z načrtovanjem rekonstrukcije državne ceste na odseku med Mežico in Črno na Koroškem skupaj z izgradnjo državne kolesarske povezave ob vozišču. Načrtovano gradnjo so prehitele poplave leta 2023, katerim so sledili interventni ukrepi za odpravo posledic poplav in zemeljskih plazov.

Poleti leta 2024 se je po zaključku interventnih posegov pričela rekonstrukcija ceste in izgradnja nove kolesarske povezave ob reki Meži med Mežico in Črno na Koroškem. Izvedba kolesarske steze je bila načrtovana ob vozišču in hkrati tik ob strugi reke Meže, zato so posegi za gradnjo obsegali tako izvedbo podpornih in opornih konstrukcij kot tudi vodnogospodarskih ureditev struge reke Meže.

Z namenom izvedbe vodnogospodarskih ureditev, ki bi predstavljale dobro prakso tako z vidika poplavne varnosti kot tudi z vidika sonaravnega urejanja vodotokov, je bilo pri načrtovanju in izvedbi VGU posegov v reko Mežo pri rekonstrukciji ceste in izgradnji kolesarske steze nujno sodelovanje projektanta (CORUS INŽENIRJI d.o.o.), izvajalca del (VOC Celje d.o.o.) in strokovnjakov Zavoda za ribištvo Slovenije, ki so v fazi izvedbe del opravljali tudi ihtiološki nadzor.

Rezultat usklajenega sodelovanja so izvedene vodnogospodarske ureditve, ki so vzdržne z vidika poplavne varnosti, predstavljajo pa tudi dobro prakso z vidika sladkovodnega ribištva.

Uvod

V ujmi je prišlo do katastrofalnih poškodb brežin struge Meže ter cestne in ostale infrastrukture (Slike 1, 2 in 3), ki je za prebivalce zgornje mežiške doline življenjskega pomena. Takoj po poplavah so se v porečju reke Meže začela izvajati nujna interventna dela.



Slika 1: Struga reke Meže takoj po poplavah avgusta 2023 – uničena infrastruktura (Vir: M. Čarf, 2023).



Slika 2: Porušen Orešnikov most čez Mežo avgusta 2023 (Vir: M. Čarf, 2023).



Slika 3: Erodirana in splazela leva brežina reke Meže avgusta 2023 (Vir: T. Balut, 2024).

V času izvajanja interventnih ukrepov v letu po poplavah je bilo na območju struge reke Meže izvedenih veliko posegov, ki zaradi nastalega stanja niso omogočali predhodnega načrtovanja. Posege v strugo Meže so izvajali različni izvajalci, pogosto brez izkušenj z izvedbo vodarskih ureditev ter praviloma brez predhodnega načrtovanja. Posledica hitre izvedbe popoplavnih sanacij so bile številne izvedbe v prostoru, ki z vidika sladkovodnega ribištva in varstva habitatov rib predstavljajo slabo prakso (Slika 4).



Slika 4: Slaba praksa - izvedba intervencijskega posega s kamnom v betonu (levo), ter dobra praksa - izvedba sonaravno oblikovane enostenske kašte iz borovih oblic (desno; Vir: M. Čarf, 2025).

Po poplavnem dogodku leta 2023 se je ponovno pokazalo, da zagotavljanje poplavne varnosti ne izključuje izvedbe sonaravnih ureditev v strugah vodotokov ter da lahko dobro izvedene sonaravne ureditve preživijo tudi izjemne poplavne dogodke. Prav tako se je v mnogih primerih pokazalo, da so lahko prav sonaravne ureditve tiste, ki varujejo cestno in ostalo javno infrastrukturo pred uničenjem zaradi delovanja visokih voda.

Že pred poplavami leta 2023 je bilo vse pogosteje pri načrtovanju vodarskih posegov upoštevano tudi vključevanje sonaravnih ureditev pri načrtovanju protipoplavnih ureditev vodotokov. Nenazadnje je treba poleg zagotavljanja poplavne varnosti slediti tudi cilju izboljšanja stanja voda, kar pa brez uporabe najnovejših tehnologij in uporabe znanja z različnih področij ni mogoče.

Kot je bilo že mnogokrat izpostavljeno, je treba pri načrtovanju urejanja voda iskati rešitve, ki zagotavljajo ne zgolj poplavno varnost, temveč tudi primernost vodnih habitatov, ki omogočajo pestrost habitatov rib in drugih organizmov.

Čeprav smo strokovnjaki različnih strok že večkrat ugotovili, da enotne in enoznačne definicije sonaravnih ali na naravi temelječih rešitev ni, pa na področju urejanja vodotokov zagotovo znamo prepoznati dobro prakso tako z vidika izboljšanja stanja vodnih habitatov rib kot tudi z vidika zagotavljanja trajne protipoplavne varnosti.

Vsak vodarski poseg se prične z načrtovanjem, ki obsega projektantske rešitve, ter se nadaljuje z izvedbo gradbenih del. Izvajalec del brez dvoma igra ključno vlogo v celotni zgodbi, saj je kljub predhodnemu načrtovanju pogosto potrebno tudi sprotno prilagajanje nepredvidenim dejavnikom in spremenljivim razmeram v prostoru.

V prispevku se osredotočamo na tehnične in izvedbene vidike sonaravnih ureditev v strugi reke Meže v fazi izgradnje kolesarske povezave in rekonstrukcije državne ceste po poplavah leta 2023.

V reki Meži živi potočna postrv

Reko Mežo v zgornji mežiški dolini, kjer ima Meža status ribolovnega revirja, večinoma poseljuje potočna postrv (Slika 5).

Donavska potočna postrv (*Salmo trutta fario*, Linnaeus, 1758) je v Sloveniji domorodna ribja vrsta. Potočna postrv je lovna vrsta in predstavlja ribolovni vir, prav tako pa se pojavlja v prehrani ljudi. Da gre za eno gospodarsko najpomembnejših ribjih vrst, priča tudi dejstvo, da je bila v okviru ciljnega raziskovalnega projekta izdelana strategija upravljanja s potočno postrvjo v Sloveniji (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2023).



Slika 5: Potočna postrv (Vir: Arhiv ZZRS, 2025).

Potočna postrv je hladnovodna ribja vrsta in v Sloveniji poseljuje vodotoke alpskega in predalpskega območja (Kotellat in Freyhof, 2007; Povž in Sket, 1990). Potočna postrv tipično naseljuje rečni habitat z čisto, hladno ali mrzlo vodo, relativno nemuljastim dnom, v katerem se izmenjujejo brzice in tolmuni (Konar in sod., 2013).

Optimalni habitat potočne postrvi predstavlja rečna struga z raznolikimi habitati, ki so pogojeni z razgibanostjo vodnega toka z brzicami in tolmuni. Regulacije struge, katerih rezultat je monotona rečna struga brez raznolikih habitatov, vodijo v slabšanje stanja populacij potočne postrvi. Za zagotavljanje ustreznih habitatov za potočno postrv na odsekih reke Meže, ki so bili predmet vodarskih posegov, je izvedba sonaravnih ureditev nujna.

Načrtovanje sonaravnih ureditev reke Meže na odseku Mežica - Žerjav

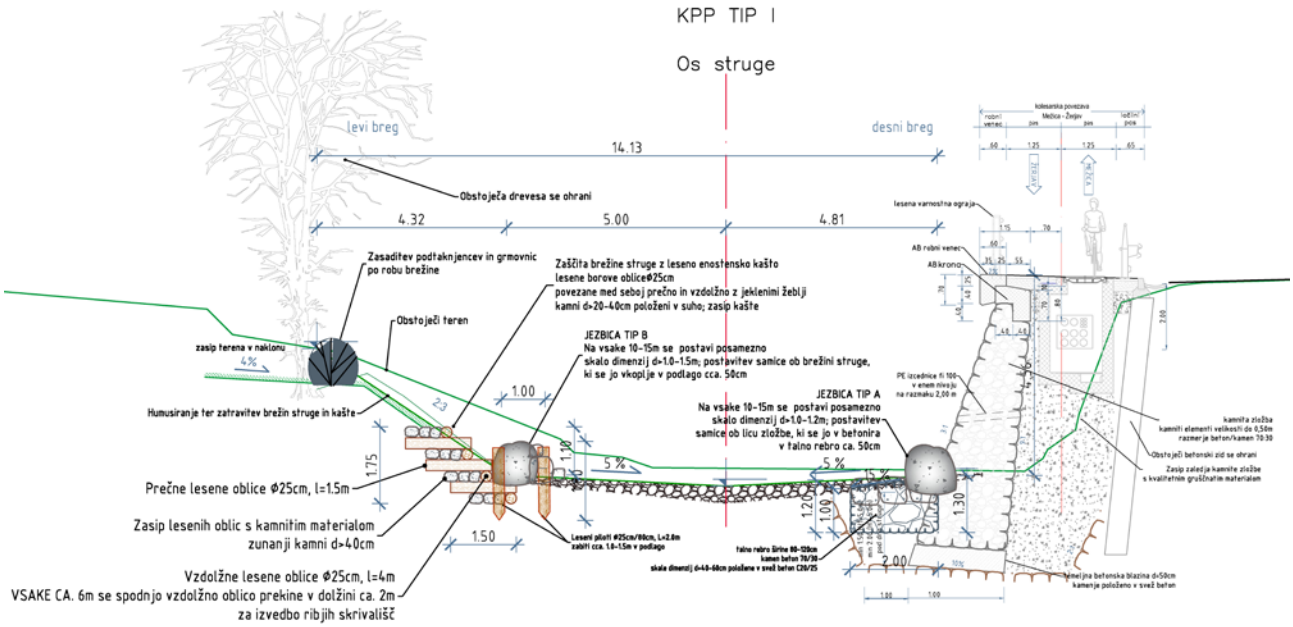
Rekonstrukcija državne ceste in izgradnja nove državne kolesarske steze se je izvajala ob cesti med Mežico in Črno na Koroškem. Območje ureditve kolesarske steze je razdeljeno na več pododsekov različnih dolžin. Reka Meža je bila v preteklosti na tem odseku regulirana na stiku z obstoječo cestno infrastrukturo, po poplavah pa so bile v času interventnih posegov izvedene tudi nove regulacije brežin Meže.

Širina struge reke Meže na obravnavanem odseku znaša med 9 in 14 m, vzdolžni padec pa se giblje med 0,8 in 1,5 ‰, pri čemer so povprečni padci mestoma večji. Naklon brežin Meže znaša od 1:1 (vertikalni podporni zidovi) do 2:3, višina pretočnega profila pa med 1,0 in 3,8 m.

Cesta ob reki Meži v zgornji mežiški dolini poteka po ozki dolini in je večinoma utesnjena med reko in strme brežine, ki so utrjene z opornimi in podpornimi konstrukcijami. Čez Mežo je izvedenih več premostitev, ki so bile v času poplav močno prizadete ali v celoti uničene. Regulacije naravne struge reke Meže tako predstavljajo predvsem obrežni zidovi, mostovi, zgrajeni pred več kot 20 leti, ter jez za malo hidroelektrarno.

Projektanti podjetja CORUS INŽENIRJI d.o.o. so za investitorja, Direkcijo Republike Slovenije za infrastrukturo, v letu 2024 izdelali dopolnitev projektne dokumentacije iz leta 2020 za izvedbo vodnogospodarskih ureditev reke Meže na obravnavanem odseku med Mežico in Žerjavom v dolžini okoli 3125 m, pri čemer je pri dopolnitvi s strokovnimi usmeritvami sodeloval tudi Zavod za ribištvo Slovenije. Načrti za ureditev struge reke Meže na vplivnem območju nove kolesarske povezave so bili dopolnjeni z detajli karakterističnih profilov, ki opisujejo natančno izvedbo posameznih sonaravnih ureditev in ukrepov za izboljšanje stanja vodotoka.

Sonaravne ureditve, ki jih predstavljamo v nadaljevanju, so bile izvedene z več različnimi kombinacijami zaščite brežin in postavitvijo skalnih samic, jezbic ter vegetacijskih gnezd.



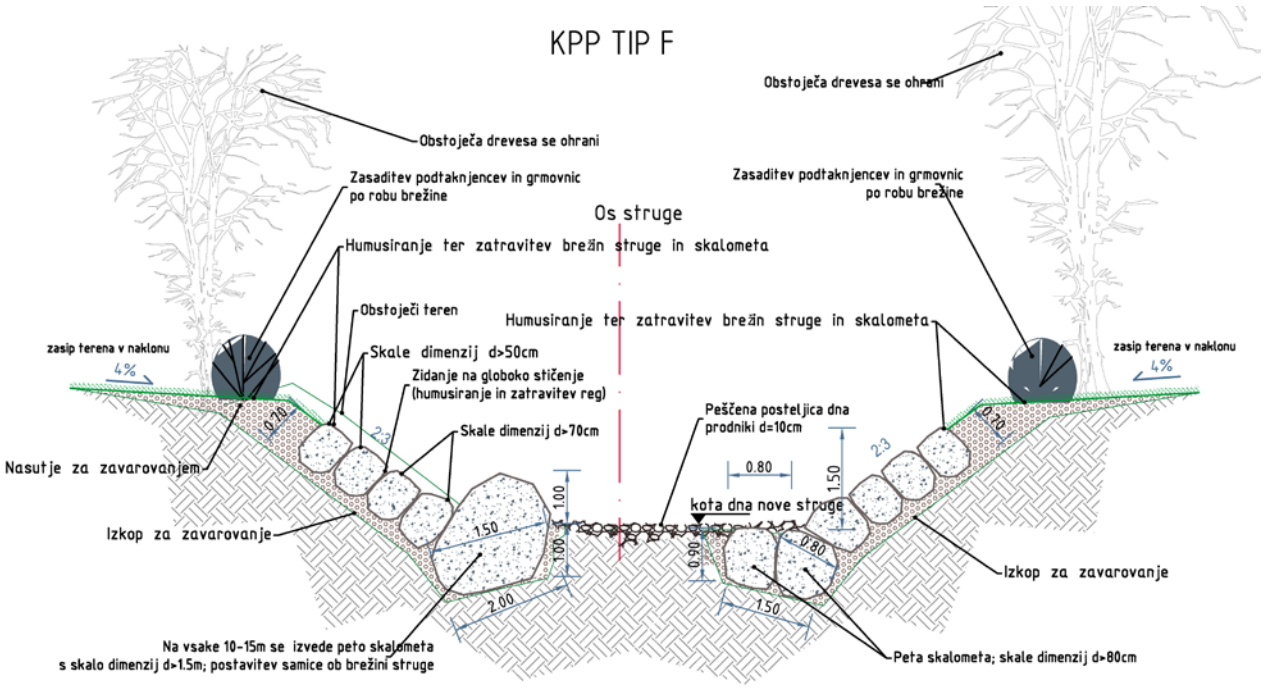
Slika 6: Sonaravne zaščite brežin v vplivnem območju nove kolesarske steze (Vir: T. Balut, 2024).

1. Izvedba skalometov v suho, jezbic in vegetacijskih gnezd:

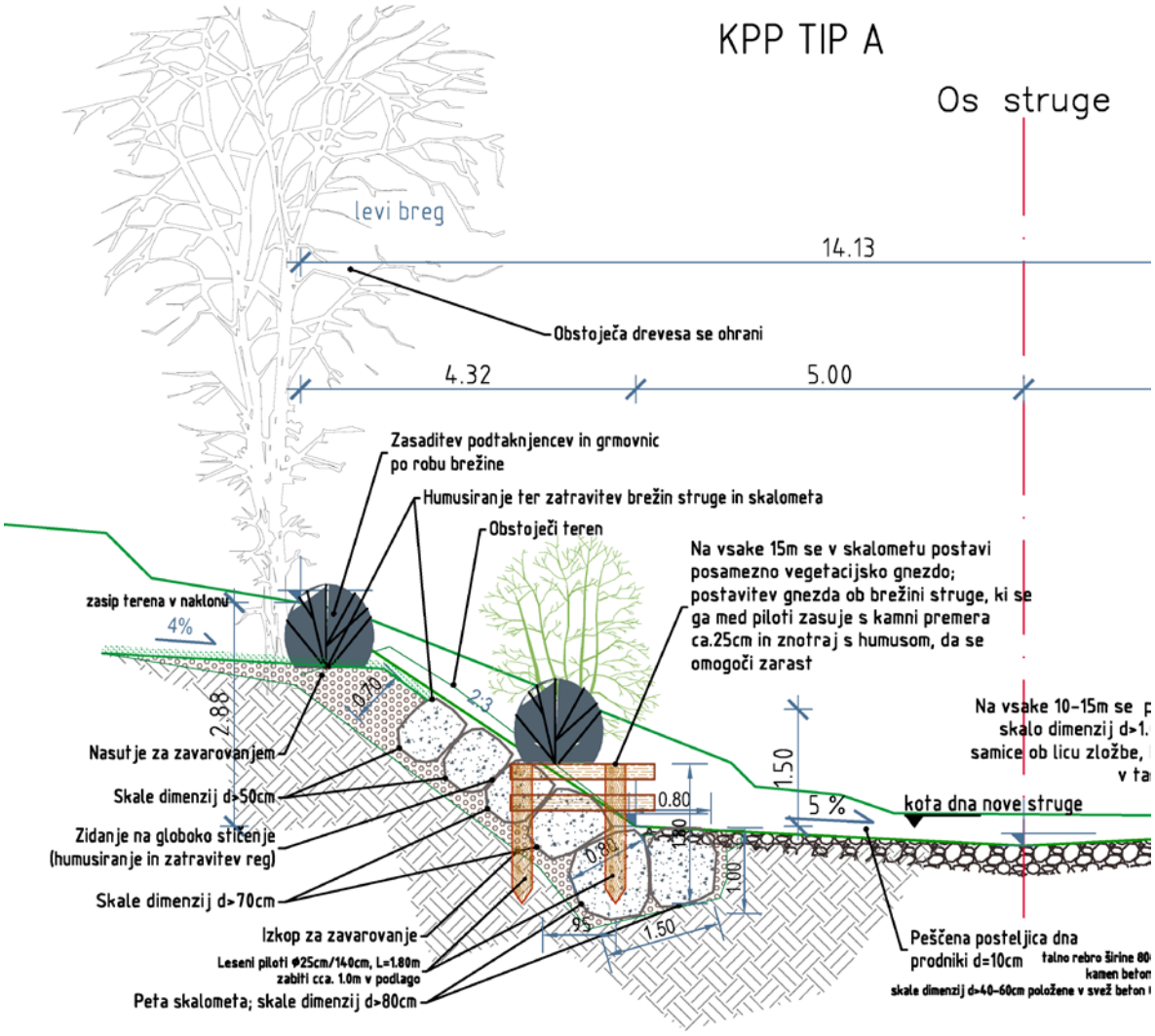
Skalomet je bil načrtovan in izveden čim bolj izrazito neporavnano; potek skalometa se je v največji možni meri prilagajal poteku obstoječe skalne brežine. Skalomet se je izvedel s suho zloženim kamnom v naklonu 2:3, s peto skalometa, vkopano v raščen teren (Slika 7). Kamni, večji od 80 cm, so se polagali v izrazito grobi, neporavnani obliki, in razgibano na način, da se med njimi vzpostavijo luknje, ki imajo funkcijo skrivališč za ribe. Na vsakih 10 m ureditve se je v peti skalometa izvedlo skrivališče za ribe. Po končani izvedbi se je skalomet zatravil in zasadil.

Pri vseh utrjevanjih brežin (v suho, z betonom, vključno z izvedbo jezbic) na nivoju stalne vodnatosti so se kamni polagali v izraziti grobi, neporavnani obliki (lomljenec ni ploščat) in razgibano na način, da se med njimi vzpostavijo luknje. Določeni kamni v stalno vodnatem delu struge štrlijo izven profila; posamezni kamni ali skale so umaknjeni v brežino in posamezni segajo ven proti vodnatemu delu struge kot motilci toka. Fuge v skalometu v vodnatem delu so široke več kot 5 cm in so globokostične, v zgornjem delu nad stalno vodnatim območjem struge zasute z zemljino in zatravljene, dodani so tudi vrbovi popleti, ki preprečujejo zasaditev invazivni tujerodni vrsti japonski dresnik.

Vse zaščite brežin so izvedene z avtohtonim kamnom ter zasajenim avtohtonim rastlinjem, tako da se zagotovi čim bolj sonaraven izgled vseh ureditev (Slika 8).



Slika 7: Skalomet v suho in postavitev skalne samice (Vir: T. Balut, 2024).

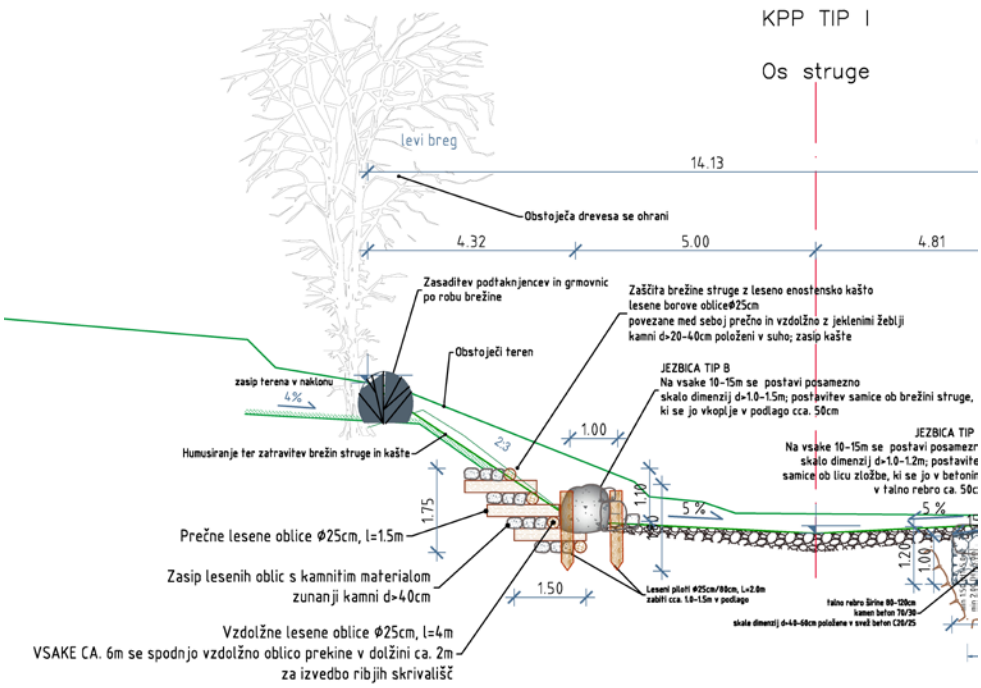


Slika 8: Skalomet v suho in postavitev vegetacijskega gnezda (Vir: T. Balut, 2024).

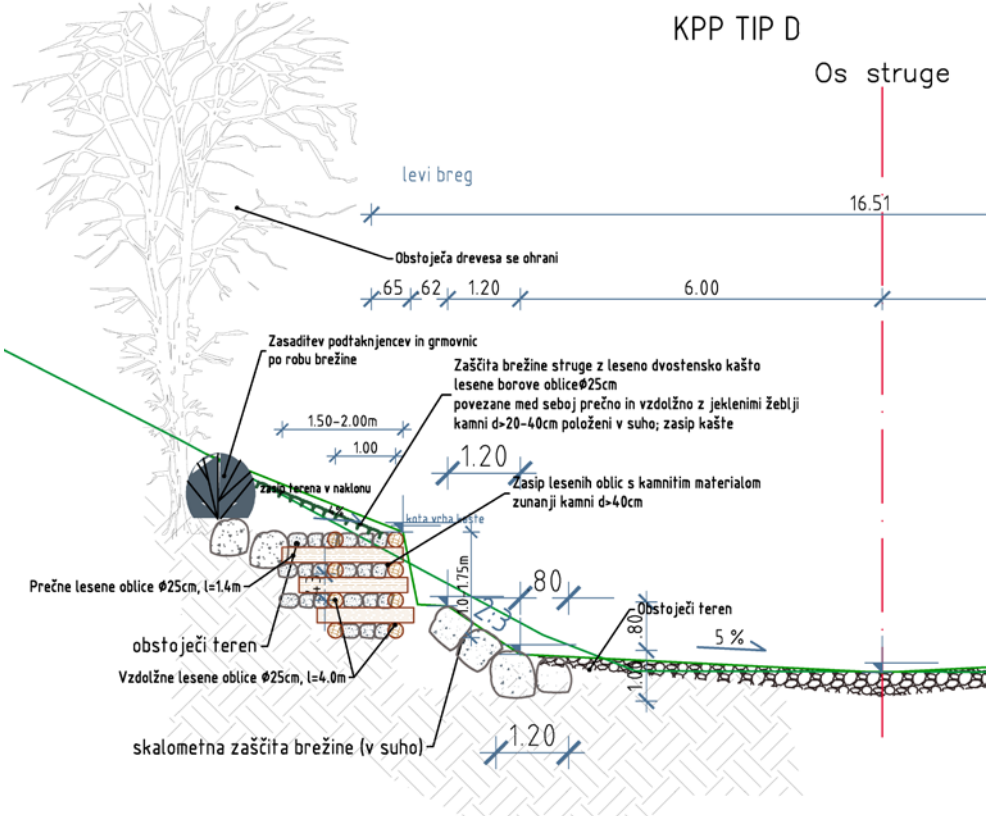
2. Stabilizacijske lesene kašte

Na odsekih, kjer so bile brežine poškodovane ali izpostavljene bočni eroziji in usadom, je bila predvidena in izvedena zaščita brežin iz enostenskih in dvostenskih lesenih kašt (Sliki 9 in 10). Kašte so namenjene stabilizaciji brežin in preprečevanju nadaljnjega spodkopavanja brežin v območju usadov.

Ob enostenskih in dvostenskih lesenih kaštah so bile dodatno izvedene jezbice in vegetacijska gnezda. Kašto se je na obeh koncih povezalo s skalometno zaščito brežin. V območju kašte se je v



Slika 9: Dvostenska lesena kašta in postavitev skalometa (Vir: T. Balut, 2024).



Slika 10: Stabilizacijska lesena kašta s postavitvijo jezbice (Vir: T. Balut, 2024).

dolžini okoli 3,0 m skalometno zaščito izvedlo kot kamen v suho, zidano na način globokega stičenja, da se omogoči zatravitev in zarast fug.

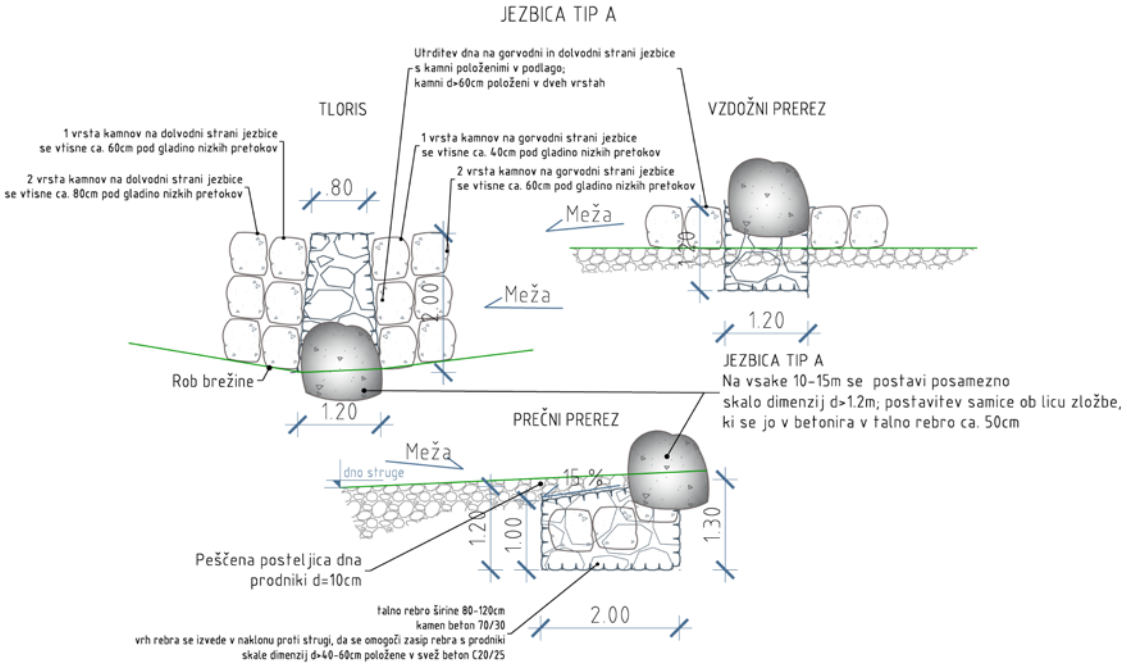
Lesene kašte so bile izvedene z vzdolžnimi lesenimi borovimi oblicami premera 25 cm, ki so povezane s prečnimi lesenimi oblicami premera 25 cm. Spodnje vzdolžne lesene oblice (na nivoju dna struge) so pri enostenskih kaštah približno na vsakih 6 m prekinjene v dolžini 1 m, da so se lahko izvedla skrivališča za ribe.

3. Zaščita brežin z jezbicami

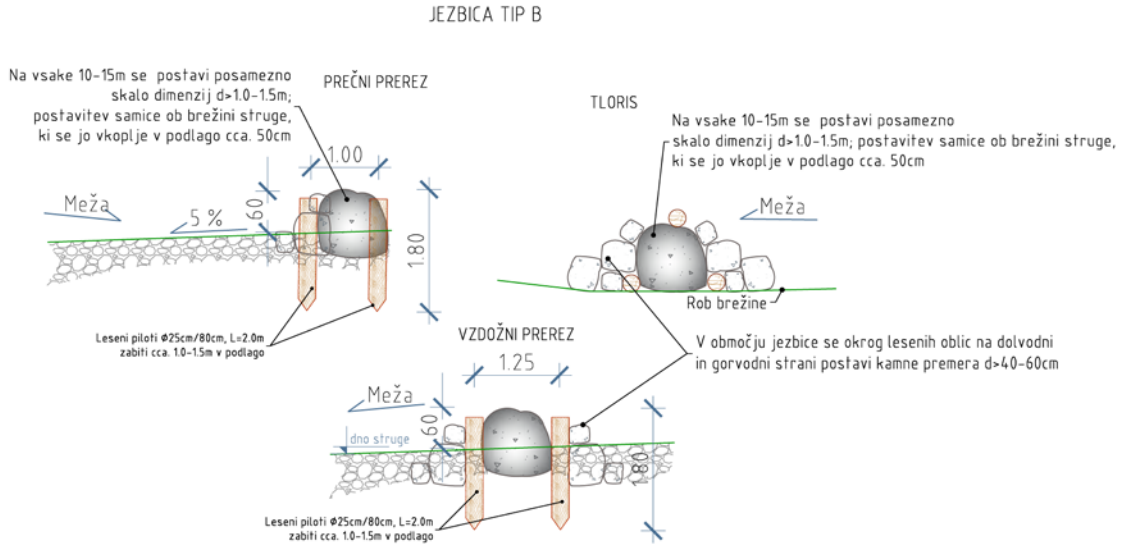
Za zaščito brežin pred bočno erozijo in usmerjanje vodnega toka so bile načrtovane in izvedene jezbice dveh različnih tipov – tip A in tip B.

Jezbice tipa A (Slika 11) so namenjene stabilizaciji pete kamnitih zložb in zaščiti temeljev podpornih kamnitih zložb na obravnavanem odseku reke Meže ter preprečujejo spodkopavanje brežin ter usmerjajo vodni tok pri nizkih pretokih. Za izvedbo jezbic so bile izbrane bolj podolgovate skale, ki se jih je umestilo pravokotno na brežino.

Vrh jezbic je izveden okoli 60 cm nad niveleto roba dna. Jezbice so izvedene kot posamezne skalne



Slika 11: Jezbica tipa A ob podpornih kamnitih zložbah (Vir: T. Balut, 2024).



Slika 12: Jezbica tipa B (Vir: T. Balut, 2024).

samice premera nad 120 cm, vgrajene vzdolž kamnite zložbe na medsebojni razdalji okoli 10-15 m. Del skalne samice je vbetoniran v kamnito zložbo, del pa v talno rebro, ki je izveden pod jezbico. Talno rebro je izvedeno s kamni premera 40-60cm, položenimi v svež beton (kamen/beton v razmerju 70/30%).

Za zaščito pete podpornih kamitih zložb so bila izvedena talna rebra. Talno rebro je namenjeno stabilizaciji dna na obravnavanem odseku in preprečuje spodkopavanje temeljev kamnitih zložb. Vrh talnega rebra ob kamniti zložbi je izveden v niveleti roba; vrh rebra je proti strugi izveden v naklonu 15 % in je povezan s skalno jezbico in kamnito zložbo.

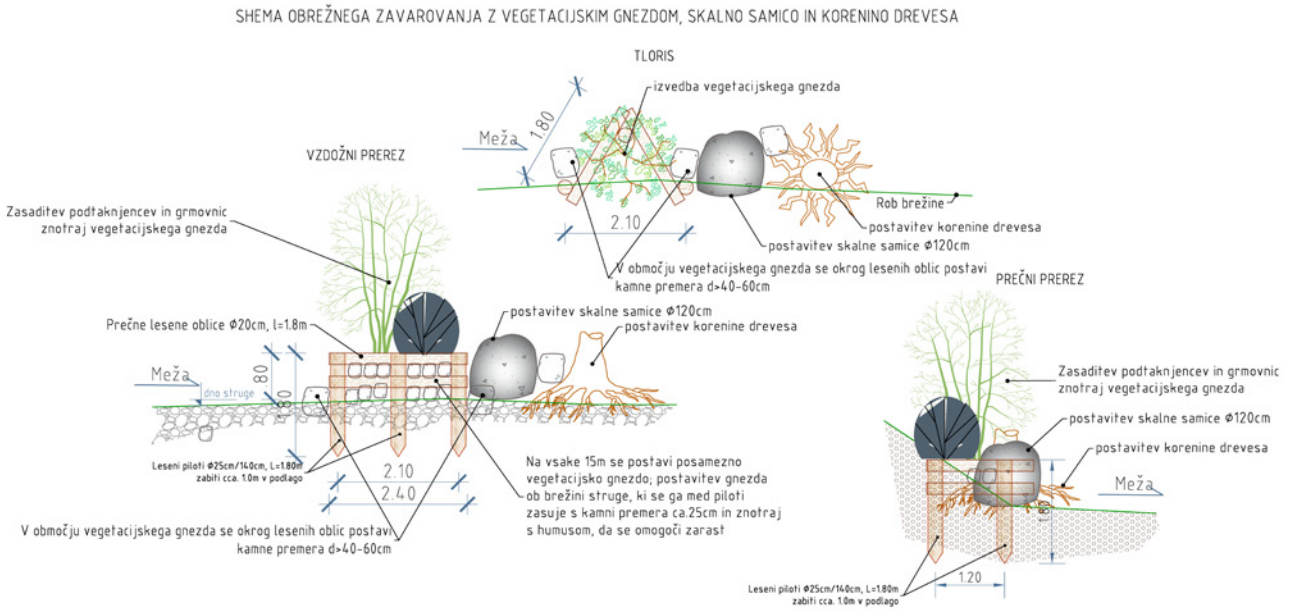
Jezbice tipa B (Slika 12) so namenjene za zaščito naravnih brežin in so izvedene z v suho zloženimi kamni ter stabilizirane z borovimi piloti. Jezbice so izvedene na način globokega stičenja, da se omogoči zatravitev in zarast fug.

V podlago so zabiti trije piloti na medsebojni razdalji okoli 80-100 cm v tlorisni obliki trikotnika, med pilote pa so vgrajene posamezne skalne samice premera okoli 100 – 150 cm. Ob skalni samici in pilotih je na dolvodni in gorvodni strani založeno še kamenje premera 30 – 60 cm.

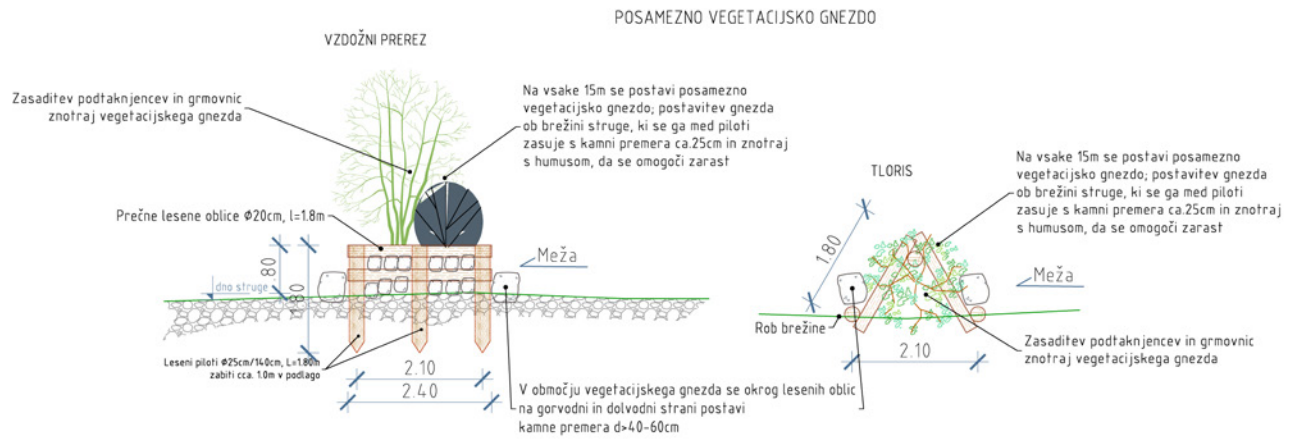
V območju jezbic so okrog lesenih oblic na dolvodni in gorvodni strani postavljeni kamni premera 40-60 cm, položeni v podlago.

4. Vegetacijska gnezda

Za zaščito naravnih brežin in na posameznih mestih skalometa v suho so izvedena posamezna vegetacijska gnezda, ki so izvedena kot posamezne trikotne lesene kašte, stabilizirane z borovimi piloti.



Slika 13: Obrežno zavarovanje z vegetacijskim gnezdom, skalno samico in korenino (Vir: T. Balut, 2024).



Slika 14: Postavitev posameznega vegetacijskega gnezda (Vir: T. Balut, 2024).

Na posameznih odsekih brežin z manjšo izpostavljenostjo eroziji so se vegetacijska gnezda nadaljevala s postavitvijo skalne samice in drevesne korenine.

V podlago so zabiti trije piloti na medsebojni razdalji okoli 120-140 cm v tlorisni obliki trikotnika, piloti so med seboj povezani z lesenimi borovimi oblicami, med piloti je obod kašte zasut s kamni premera okoli 20-30 cm, znotraj kašte (vegetacijskega gnezda) pa je prostor zasut s humusom, da se omogoči zasaditev in zarast posameznih grmovnic in potaknjencev.

V območju vegetacijskega gnezda so okrog lesenih oblic na dolvodni in gorvodni strani postavljeni kamni premera 40-60 cm, položeni v podlago.

Od projektne ideje do sonaravne izvedbe

Izvajanje vodnogospodarskih ureditev v sklopu projekta izgradnje kolesarske povezave Mežica – Črna na Koroškem je potekalo v zahtevnih terenskih in vremenskih razmerah, kjer smo se morali projektanti, izvajalci in strokovnjaki za ribištvo vsakodnevno prilagajati razmeram v ozkem dolinskem prostoru ob reki Meži. Struga reke in obcestni prostor sta bila po poplavah leta 2023 močno spremenjena, zato je bila usklajena izvedba vseh faz ključna za doseganje tako tehničnih ciljev projekta kot tudi ciljev zagotavljanja za ribe ustreznih habitatov.

Sodelujoči pri projektu smo opazili, da pri podobnih projektih izvajalci del pogosto premalo stremijo k sonaravnosti končne izvedbe v prostoru, zato smo z načrtovanjem in izvedbo projekta želeli dokazati, da lahko poleg vodarjev tudi izvajalci cestne infrastrukture v tesnem sodelovanju s projektanti in ribiško stroko izvajajo usklajene in trajnostne sonaravne ureditve pri posegih v vodotoke.

Prva faza sodelovanja med deležniki je obsegala pregled in preverjanje projektne dokumentacije (PZI), kjer so se izvajalci del v sodelovanju s projektanti podjetja CORUS INŽENIRJI d.o.o. ter strokovnjaki Zavoda za ribištvo Slovenije podrobno seznanili z zasnovo sonaravnih ureditev. V tem koraku je bilo pomembno preverjanje skladnosti projektiranih rešitev z dejanskim stanjem na terenu, saj so poplave na številnih mestih povzročile spremembe v obliki brežin, širini pretočnega profila in stabilnosti obstoječih zložb. Na skupnih ogledih stanja terena so bile podane tehnične dopolnitve in uskladitve, s katerimi se je zagotovila večja skladnost med načrtovanimi in izvedljivimi rešitvami. Sodelovanje med vsemi deležniki je v tej fazi potekalo sproti, saj je bilo treba uskladiti poplavno varnost z ohranitvijo naravnega značaja vodotoka in njegovih habitatov.

V drugi fazi so sledila pripravljalna dela, ki so zajemala ureditev dostopnih poti, začasnih manipu-



Slika 15: Levoobrežna enostenska lesena kašta, skalne samice, skalomet v suho, zatravljena položna desna brežina ter kolesarska steza in cesta (Vir: U. Prislan, 2025).



Slika 16: Lesena kašta ob levi brežini in grobo zavarovanje ob kolesarski stezi (Vir: U. Prislan, 2025).

lativnih površin in izvedbo zaščitnih ukrepov za preprečevanje poškodb na le teh. Zaradi omejenega prostora med reko Mežo in cesto je bilo treba vsak dostop načrtovati individualno in ga prilagoditi topografiji terena.

Tretja faza je zajemala samo izvedbo vodarskih ureditev. Izvajalec VOC Celje d.o.o. je v tesnem sodelovanju z Zavodom za ribištvo Slovenije in projektanti CORUS INŽENIRJI d.o.o. izvajal dela postopno, z visoko mero natančnosti in prilagajanja lokalnim razmeram oz. terenu. Posegi so vključe-



Slika 17: Enostenska lesena kašta, jezbice tipa B (levoobrežno), skale samice in jezbice tipa A (desnoobrežno) (Vir: U. Prislan, 2025).

vali izvedbo skalometov v suho, postavitev skalnih samic, izvedbe jezbic dveh tipov, izvedbo lesenih kašt, skrivališča za ribe s koreninskimi vstavki ter ureditev vegetacijskih gnezd (Slike 15, 16 in 17).

Posebna pozornost pri izvedbi del je bila namenjena neporavnanemu, razgibanemu polaganju skalnih samic in kamnov pri izvedbi skalometov v suho (Sliki 18 in 19), ki omogočajo nastanek mikrohabitatov za ribe in druge vodne organizme ter ustvarjanje naravne dinamike toka. Pri tem je največji izziv predstavljalo, kako strojnikom razložiti, da mora biti izvedba skalometa čim bolj "grda", torej groba in neporavnana napram drugim uredit-



Slika 18: Jezbica tipa B, grobo izveden skalomet v suho, humusirane in zatravljene fuge med skalami ter skrivališče za ribe (Vir: U. Prislan, 2025).



Slika 19: Neporavnana grobo oblikovana leva brežina (skalomet v suho), dvojni profil struge, jezbice tipa B, zatravljena položna desna brežina ter kolesarska steza in cesta (Vir: U. Prislan, 2025).

vam, ki jih VOC Celje d.o.o. izvaja kot cestno podjetje. Izven strug vodotokov izvajalci del običajno uporabljajo čim bolj ravne ali ravno odrezane kamne in sledijo ravni liniji postavljanja, kar je v popolnem nasprotju z idejo sonaravnega izvajanja vodarskih ureditev.



Slika 20: Enostenska lesena kašta iz borovic oblic in jezbica tipa B (Vir: U. Prislan, 2025).

Skalometi v suho so se izvajali na delih brežin, kjer je obstajala možnost erodiranja zemljine oziroma spodkopavanja terena. Polaganje se je izvajalo z velikimi kamni, premera nad 80 cm, v izrazito grobi in neporavnani obliki, da so se ustvarili naravni prostori med kamni. Posebno pozornost so izvajalci namenili oblikovanju pete skalometa, ki je bila vkopana v raščen teren in dodatno utrjena. Fuge v stalno vodnatem delu so bile puščene odprte za ustrezno zagotovitev razvoja vodnega habitata, v zgornjem delu pa zasute z zemljino in zatravljene.

Pri izvedbi enostenskih in dvostenskih lesenih kašt so bili uporabljeni borovi elementi premera 25 cm, ki so se vgrajevali tako s težko kot tudi lažjo mehanizacijo. Na posameznih mestih so bile kašte dopolnjene s skalometom, kar je povečalo stabilnost in zagotovilo kombinirano zaščito brežin, hkrati pa zagotovilo nastanek mikrohabitatov za ribe (Slika 20).

Na območjih večjih usadov in plazov so bile izvedene lesene dvostenske kašte, ki služijo kot stabilizacijski in podporni elementi (Slika 21). Potrebno je bilo tudi dodatno utrditi brežine s kombinacijo dvostenske lesene kašte in skalometov, da se je preprečilo ponovno plazenje terena. S tem je bila na območju obeh usadov utrjena »peta« ter preprečena nadaljnja erozija usada v spodnjem delu.

Dodatno je bil pred dvostensko leseno kašto izveden še nizek skalomet. Dvostenske konstrukcije



Slika 21: Sanacija usada z dvostensko leseno kašto na levi brežini Meže (Vir: U. Prislan, 2025).

namreč omogočajo večjo nosilnost in boljšo porazdelitev pritiskov. Pri izvedbi je bilo treba posebno paziti na pravilno temeljenje in zagozditev spodnjih lesenih oblic v teren, saj so bile brežine na teh mestih mehkejše in zasičene z vodo. V notranjost dvostenskih kašt se je polagal grobi kamniti material, ki zagotavlja tudi drenažno funkcijo zalednih vod.

Poseben poudarek je bil tudi na zagotovitvi dveh višin dna reke Meže z namenom zagotovitve ustrezne vodnatosti oz. vodostaja ob nizkih pretokih reke Meže. Želeni profil Meže je bil ob zaključnih delih, pri umiku strojev iz struge, dosežen z izvedbo dveh različnih višin dna struge reke Meže.

Izzivi pri izvedbi VGU posegov z vidika izvajalca del

Izvajanje del v strugi reke Meže je predstavljalo vrsto tehničnih in logističnih izzivov. Med glavnimi težavami je bila omejena dostopnost do posameznih odsekov in spremenjena konfiguracija terena po poplavah, kar je pogosto zahtevalo sprotne spremembe izvedbenih metod. Zaradi nepredvidljivih geoloških pogojev je bilo treba lokalno prilagajati temeljenje lesenih kašt in skalometov, da se je zagotovila stabilnost in hkrati ohranil sonaravni videz.

Prav tako so bile izvedene spremembe zaporedja del glede na hidrološke razmere in pretoke, saj je reka občasno presegla predvideno delovno gladino in s tem onemogočila napredovanje del. Dodatno težavo je predstavljala mala hidroelektrarna v Črni na Koroškem, ki ob nalivih presežke vode spušča po strugi reke Meže, kar se je odražalo v poplavljenosti gradbišča.

Posebno poglavje v fazi izvedbe predstavljajo prilagoditve za zagotovitev ekoloških funkcij vodotoka. Na več mestih so bila oblikovana skrivališča za ribe, ki so se nahajala v peti skalometov in znotraj lesenih kašt, ter skrivališča za skalnimi samicami in jezbicami. Ti elementi vodarskih ureditev predstavljajo pomemben element sonaravnega urejanja, saj povečujejo pestrost habitatov in zagotavljajo za ribe pomembne mikrohabitate v času nizkih vodostajev in visokih pretokov. Z izvedbo razgibanih skalometov in vgradnjo posameznih v strugo štrlečih kamnov ter koreninskih vstavkov se je izboljšala hidravlična raznolikost vodnega toka.

Zaradi dinamike del na gradbišču so se vodne ureditve izvajale v najtežjih pogojih za delo v vodi – v zimskem času. Ker je dolina reke Meže na tem delu obdana z visokim gorovjem, je delo potekalo pri zelo nizkih temperaturah, tudi do -15 °C, kar je predstavljalo tudi težave pri zagotavljanju ustreznega delovnega okolja za delavce na gradbišču.

Zaključek

Kljub številnim izzivom smo z dobro usklajenim sodelovanjem vseh vključenih deležnikov dosegli vse ključne cilje – izboljšanje poplavne varnosti, stabilizacija brežin in ohranitev pestrosti vodnih habitatov. Posegi so bili zaključeni s odstranitvijo dostopnih poti, zatravitvijo brežin ter zasaditvijo avtohtonih vrst rastlin, ki bodo dolgoročno prispevale k utrditvi terena in naravnemu videzu območja. S tem projektom je bila vzpostavljena trajna povezava ter prenos znanja med izvajalcem VOC Celje d.o.o. in strokovnjaki Zavoda za ribištvo Slovenije, ki bo omogočala izvedbo dobrih vodarskih ureditev v prihodnjih letih.

Izvedba vodarskih ureditev struge reke Meže predstavlja primer dobre prakse, kjer se tehnična zahtevnost, omejeni prostorski pogoji in cilji sonaravnega urejanja voda uspešno prepletajo.

Pristop, ki temelji na sodelovanju med inženirsko, gradbeno in ribiško stroko, dokazuje, da je mogoče tudi pri zahtevnih infrastrukturnih projektih doseči ravnovesje med varnostjo, trajnostjo in ohranjanjem narave ter dolgoročnim omogočanjem ribiškega upravljanja. Z izvedbo sonaravnih, na naravi temelječih rešitev so bili ustvarjeni pogoji za dolgoročno stabilnost vodotoka ter izboljšanje stanja vodnih habitatov reke Meže, kar je ključni cilj sodobnega urejanja voda v Sloveniji.

Nenazadnje smo z interdisciplinarnim pristopom skupaj vsi sodelujoči dokazali, da so ukrepi za zagotavljanje poplavne varnosti izvedljivi tudi z vključevanjem sonaravnih ureditev, katerih cilj je izboljšanje stanja vodnih habitatov.

Viri in literatura

Izdelava strategije upravljanja s potočno postrvjo v Sloveniji [Elektronski vir] : zaključno poročilo o rezultatih opravljenega raziskovalnega dela na projektu v okviru Ciljnega raziskovalnega programa (CRP) „Zagotovimo.si hrano za jutri“ 2011-2020 / nosilec projekta Aleš Snoj ; avtorji poročila Daša Zabric ... [et al.] ; kartografija Rok Hamzič. Ljubljana : Biotehniška fakulteta, 2023.

Konar M., Mikula K., Tavčar T., Lorenz E., Ramšak L., Snoj A., Bravničar J., Konecny R., Lewitschnig H. 2013. KARAFISH High altitude distribution of brown trout and occurrence of bullhead in the mountain range Karawanke. Klagenfurt am Wörthersee, Kärtner Institut für Seenforschung: 702 str.

Kottelat M., Freyhof J. 2007. Handbook of European Freshwater fishes., Switzerland, Kottelat, Cornol in Berlin, Freyhof: 646 str.

Povž M., Sket B. 1990. Naše sladkovodne ribe. Ljubljana, Mladinska knjiga: 370 str.

Ureditve kolesarske steze na cesti R2-425/1265 Poljana – Šentvid na odseku Mežica – Žerjav od km 5+090 do km 8+630. PZI projektna dokumentacija za projekt št. 033.2/19. 2.4 Načrt vodnogospodarskih ureditev; št. načrta 2.4 Načrt vodnogospodarskih ureditev. CORUS INŽENIRJI d.o.o., marec 2020, september 2020 po recenziji, maj 2024 dopolnitev.

PREGLED IN PROBLEMATIKA IZVEDENIH SANACIJSKIH PROGRAMOV NA POREČJU MEŽE IN MISLINJE

Neven Verdnik, mag.inž.ok.grad.,
VGP Drava Ptuj, d.o.o., Žnidaričevo nabrežje 11, Ptuj

Povzetek

Poplavni dogodek avgusta 2023 je na območju Koroške povzročil obsežno škodo na vodni infrastrukturi in naravnem okolju. Med najbolj prizadetimi vodotoki sta bila Meža in Mislinja s pritoki, kjer so poškodbe zahtevale takojšnje interventne ter kasneje sistemske sanacijske ukrepe. Prispevek povzema ključne poškodbe in opisuje načrtovane ter že izvedene ureditve, pri čemer je poudarek na kombinaciji tehničnih in sonaravnih rešitev za stabilizacijo dna in brežin vodotokov.

Predstavljeni so primeri izvedenih ureditev, med drugim sonaravna stabilizacija dna z lijakastimi in W-pragi ter kaštne zložbe na območju reke Meže v Dobrijah, sanacija usada pri čistilni napravi Mežica ter ureditve na območju reke Mislinje med Slovenj Gradcem in Bukovsko vasjo. Namen prispevka je prikazati usklajeno izvajanje ukrepov, ki poleg izboljšanja poplavne varnosti in mehanske odpornosti prispevajo tudi k povečanju ekološke stabilnosti vodnega in obrečnega prostora.

Uvod

Avgustovske poplave leta 2023 so pomenile prelomnico v pristopu k načrtovanju in izvajanju vodnogospodarskih sanacij v Sloveniji. Dogodek je razkril ranljivost številnih odsekov vodotokov, ki so bili v preteklosti urejeni predvsem z vidika lokalne stabilnosti, manj pa s celovitim razumevanjem hudourniške dinamike in dolgoročnih podnebnih sprememb. Na območju Koroške je bilo močno poškodovano vodnogospodarsko omrežje, kar je zahtevalo hitro odzivnost, interdisciplinarno sodelovanje ter sočasno pripravo več sanacijskih programov, povezanih z vodnim gospodarstvom in drugo javno gospodarsko infrastrukturo.

Sanacije na reki Meži in Mislinji so potekale na več odsekih, s ciljem vzpostaviti pretočnost vodotoka, obnoviti stabilnost struge in brežin ter hkrati upoštevati naravne procese preoblikovanja rečnega korita. Poseben poudarek je bil namenjen sonaravnim rešitvam, pri katerih so tehnično zahtevni objekti – pragovi, zložbe in podporni zidovi – zasnovani tako, da so čim bolj skladni z naravno morfologijo rečnega prostora.

Pri pripravi in izvedbi sanacij so sodelovali projektanti, hidrotehniki, geomehaniki in izvajalci del, ki so morali uskladiti tehnične rešitve z okoljskimi omejitvami in zahtevami investitorja. Tako oblikovani sanacijski programi ne pomenijo zgolj odprave posledic ujme, temveč predstavljajo korak k sistemskemu pristopu upravljanja s hudourniškimi vodotoki, ki temelji na trajnostni rabi prostora, večji odpornosti na ekstremne vremenske pojave ter dolgoročni varnosti prebivalcev in infrastrukture v dolinah Meže in Mislinje.

Opis območij in problematike reke Mislinje med Slovenj Gradcem in Otiškim vrhom

Reka Mislinja izvira v osrednjem delu Pohorja in se po približno 36 kilometrih pri Otiškem vrhu izliva v reko Mežo. Na obravnavanem območju med Slovenj Gradcem in Bukovsko vasjo teče po razmeroma široki dolini, kjer se hudourniški značaj iz zgornjega toka postopoma umirja. Kljub manjšemu vzdolžnemu padcu ima reka ob visokih vodah še vedno velik transportni potencial in povzroča izrazite erozijske procese.

V strugo se z desne strani stekajo številni krajši pritoki s pobočij Pohorja, kar povečuje nihanja pretokov in dodatno obremenjuje pretočni profil. Struga je na več mestih regulirana, z utrjenimi brežinami in pragovi, predvsem na urbaniziranih območjih Pameč in Bukovske vasi, kjer reka pogosto ogroža obrežne objekte in prometno infrastrukturo.

Med poplavnim dogodkom avgusta 2023, ko so pretoki presegli 100-letno povratno dobo, je Mislinja na več mestih prestopila bregove, prelivala nasipe ter povzročila obsežno erozijo in zajede brežin, zlasti v konkavnih delih. Na posameznih odsekih je vzpostavila sekundarno strugo, kar je povzročilo izrazite poškodbe na kmetijskih površinah. Sanacijski ukrepi so bili zato usmerjeni v stabilizacijo dna in brežin, obnovo pretočnega profila ter izvedbo sonaravnih ureditev, ki poleg povečane poplavne varnosti prispevajo tudi k dolgoročni ekološki stabilnosti vodotoka.

Ukrepi za sanacijo poškodb na Mislinji

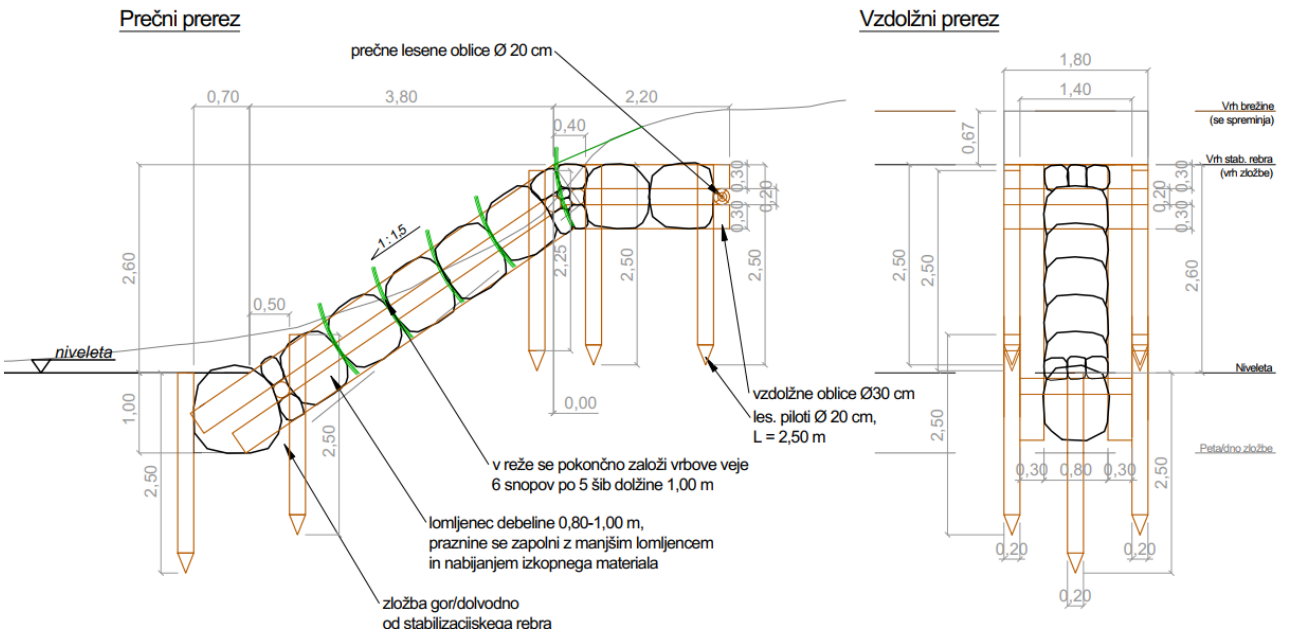
Na podlagi hidravličnih analiz smo presojali različne variante in izbrali tip zavarovanja brežin, ki zagotavlja optimalno razmerje med stabilnostjo, pretočnostjo in sonaravnostjo ureditve.

- Zložbe v suho s stabilizacijskimi lesenimi rebri

Na območjih izrazitih konkav so bile brežine zavarovane z kamnito zložbo v suho, ki se prilagaja naravni obliki terena in omogoča postopno vegetacijsko zaraščanje. Zložba je bila dodatno ojačana s stabilizacijskimi rebri iz lesenih pilotov in oblic, zapolnjenimi z lomljencem. Namen stabilizacijskih jeder je bil povečati nosilnost zložbe ter omejiti morebitne lokalne porušitve znotraj območja posameznih reber.



Slika 1: Prikaz poplavnih poškodb na odsekih Mislinje pri Bukovski vasi 2023 (vir.: atlas voda)



Slika 2: Primer projektiranega stabilizacijskega rebra (vir: VGP DRAVA)



Slika 3: Izvedebo stabilizacijsko rebro na območju Dobrij (vir: VGP DRAVA)

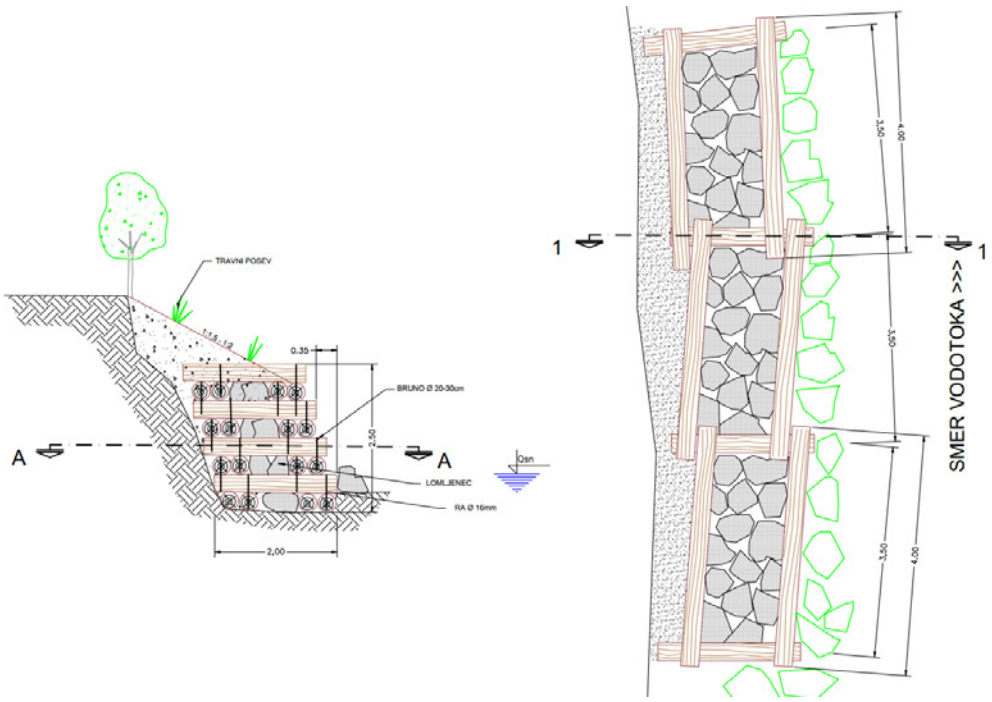
• Lesene kaštne zgradbe

Vzdolžno zavarovanje brežin je bilo izvedeno tudi z kaštnimi zgradbami iz lesenega ogrodja, zapolnjenega z lomljencem in zemeljskim materialom. Konstrukcija je bila, glede na geomehanske razmere, zasidrana v podlago z lesenimi piloti ali izvedena težnostno, v več nivojih, kar omogoča dobro prilagajanje brežinskemu naklonu ter enakomerno razpršitev sil vodnega toka. Del spodnjih prekatov je bil namerno nezapolnjen, s čimer so bila ustvarjena skrivališča za ribe in izboljšani ekološki pogoji v vodotoku.

• W – prag

Za stabilizacijo nivelete dna in usmerjanje toka v sredino struge je bil izveden W-prag, ki omogoča enakomerno razporeditev pretoka in oblikovanje dveh osrednjih tolmunov. Takšna zasnova zmanjšuje poglabljanje dna in preprečuje spodjedanje brežin ter s tem ohranja stabilnost pretočnega prereza.

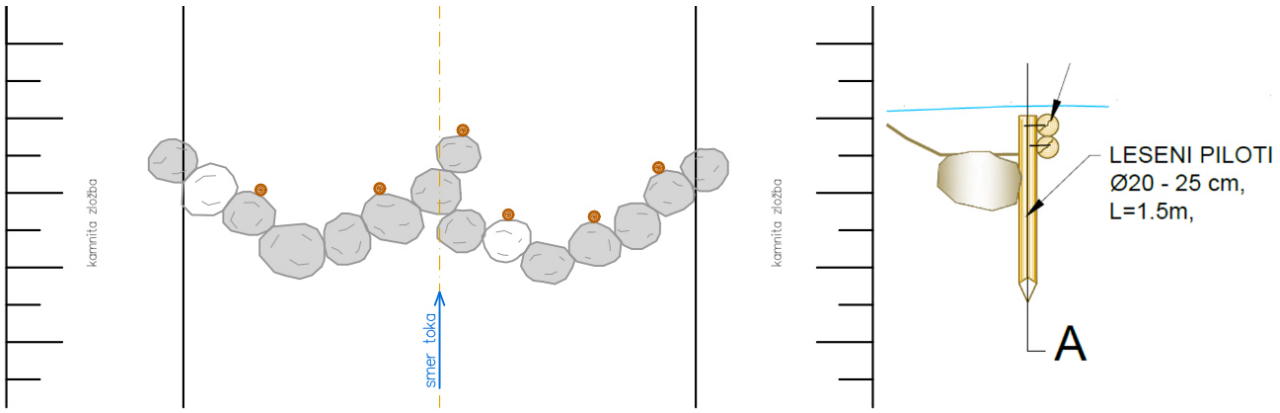
Prag je bil zgrajen iz neporavnanega lomljenca, zaklinjenega in zavarovanega z lesenimi piloti ter prečkami. Ob brežinah je bilo zavarovanje dodatno dvignjeno in povezano z obstoječo kamnito zložbo, kar zagotavlja učinkovito preusmerjanje toka, enakomerno razbremenitev brežin ter varno delovanje praga tudi pri visokih pretokih.



Slika 4: Primer projektirane kaštne zgradbe(vir: VGP DRAVA)



Slika 5: Primer izvedene kaštne zgradbe ter w- talenga pragu na Mislinji (vir: VGP DRAVA)



Slika 6: Primer projektiranega w-talenga pragu in motilca toka (vir: VGP DRAVA)



Slika 7:Primer vgrajenega w-talenga pragu.



Slika 8: Prikaz poplavnih poškodb na odsekih Meže pri Dobrijah in ČN Mežica (vir.: atlas voda)

Opis območij in problematike reke Meže na obravnavanih območjih

Reka Meža ima izrazit hudourniški značaj z velikim vzdolžnim padcem in visokimi hitrostmi toka, kar povzroča intenziven transport proda in plavja. Med poplavnim dogodkom avgusta 2023, ko so pretoki presegli 200-letno povratno dobo, je reka na več mestih prestopila bregove, odlagala velike količine naplavin ter povzročila obsežne poškodbe brežin in infrastrukture.

Na območju Dobrij je lesno plavje zamašilo stari most pri Malgajevem spomeniku in preusmerilo tok desnobrežno, kar je povzročilo močno erozijo brežin, poplavljanje ceste ter nižje ležečih objektov. V okviru interventnih del je bila struga preusmerjena v prvotno korito in delno stabilizirana z nasipanim materialom. Leva brežina je bila večinoma erodirana in brez vegetacije, z lokalnimi usadi, medtem ko je bila desna brežina delno porasla, vendar prav tako poškodovana.

Na območju čistilne naprave Mežica je reka v poplavah presegla desni breg in sprožila obsežen usad, ki je ogrožal brežino in objekte ob vodotoku. Gorvodno od Šumahovega mostu je bil v okviru interventnih del izveden kamniti prag, ki preprečuje nadaljnje poglabljanje struge, hkrati pa nekoliko zmanjšuje pretočnost pri visokih vodah. V tem delu Meža teče med državno cesto in vzpetino, brežine pa so zavarovane s kamnitimi zložbami v betonu. Na obeh odsekih so bile ključne težave povezane z erodiranimi brežinami, zasutimi pretočnimi prerezi in destabilizirano niveleto dna, zato je bilo potrebno izvesti trajnejše sanacijske ukrepe za obnovo pretočnosti, stabilizacijo struge ter zaščito obstoječe infrastrukture.

Ukrepi za sanacijo poškodb na Meži

Reka Meža je izrazito hudourniški vodotok z velikim vzdolžnim padcem in močno erozijsko sposobnostjo. V primerjavi z reko Mislinjo dosega višje hitrosti toka in deluje z večjimi vodnimi silami, zlasti v ozkih dolinskih delih med Dobrijami in Mežico. Zaradi takšnih razmer je bilo treba načrtovane ureditve konstruktivno prilagoditi in ojačati, da prenesejo povečane hidravlične obremenitve in intenzivno erozijsko delovanje.

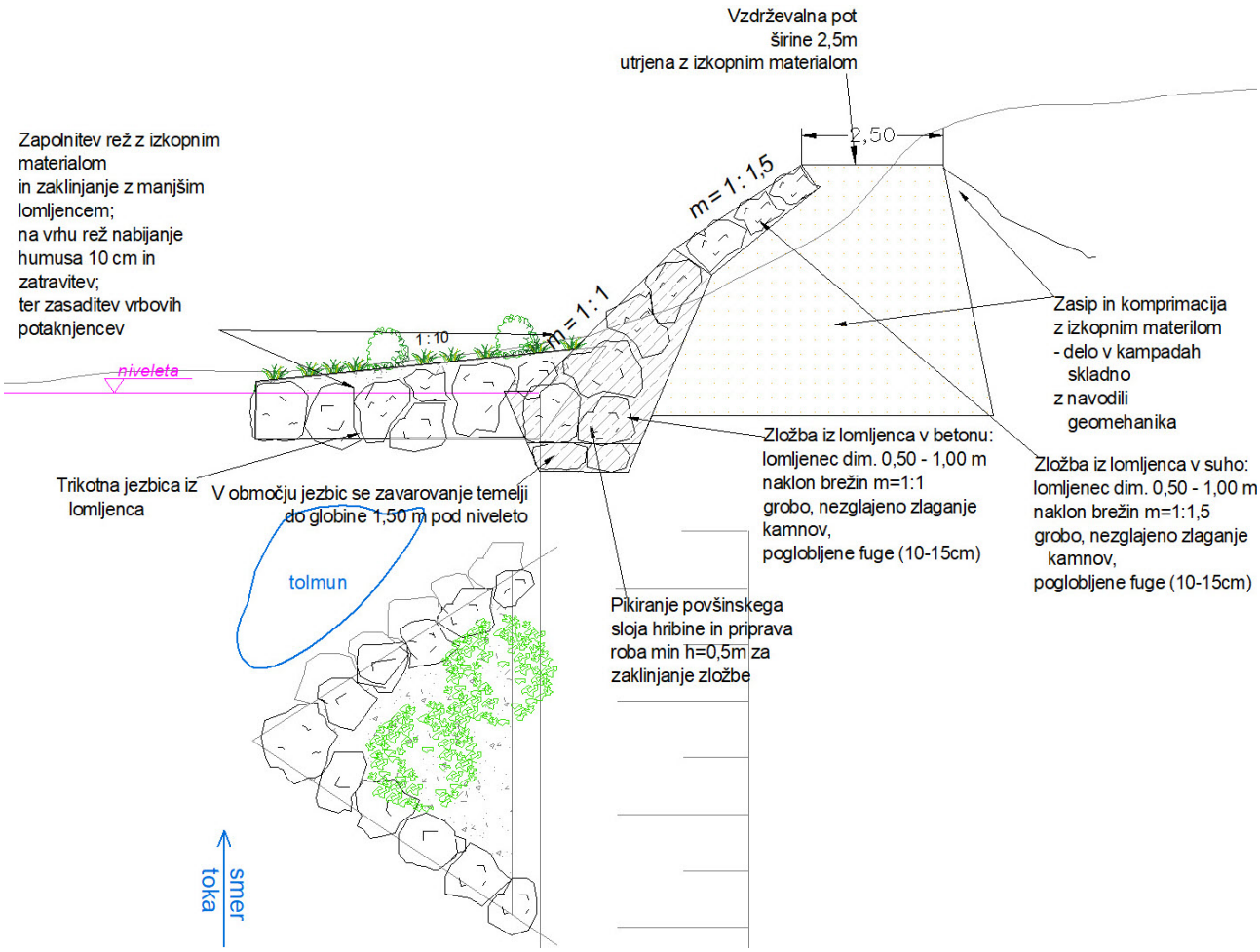
Na podlagi hidravličnih analiz so bile presojene različne variante ureditev, pri čemer je bil izbran tip zavarovanja brežin, ki zagotavlja optimalno razmerje med stabilnostjo, pretočnostjo in sonaravnostjo rešitve.

Večina ukrepov, opisanih na območju reke Mislinje, je bila z prilagoditvami oz. ojačitvami uporabljena tudi pri sanacijah na reki Meži, v nadaljevanju pa so predstavljeni primeri specifičnih ureditev, izvedenih izključno na reki Meži.

- Težnostna konstrukcija za sanacijo usada in jezbice trikotne oblike

Na desni brežini reke Meže pri čistilni napravi Mežica se je pojavil obsežen usad, ki je ogrožal stabilnost brežine in pretočnost struge. V skladu z geomehanskimi usmeritvami je bila izvedena stabilizacija pete brežine z nasipom oziroma težnostnim zidom, ki preprečuje izpiranje in nadaljnje poglabljanje terena.

V spodnjem delu je bila brežina zavarovana z lomljencem v betonu, v zgornjem delu pa z lomljencem v suho, z naklonom, prilagojenim obstoječemu terenu. Na vrhu je urejena vzdrževalna pot, zaledje pa je utrjeno in zapolnjeno z izkopnim materialom. Za zajem padajočega materiala je bil ohranjen zaledni jarek, brežine pa so bile zatravljene in ozelenjene z avtohtonimi rastlinskimi vrstami.
Dodatno so bile ob zavarovanju vgrajene jezbice trikotne oblike, namenjene preusmerjanju toka in razbremenitvi brežine. S tem se preprečuje nastanek tolmunov ob brežini ter zmanjšuje možnost spodjedanja obrežnih zavarovanj. Njihova oblika je hidravlično ugodna, zato pri visokih vodah ne vpliva na pretočnost korita. Jezbice so bile zgrajene iz lomljenca v suho, zaklinjenega in po potrebi dodatno utrjenega z lesenimi piloti. Za njimi se oblikujejo manjši tolmuni, ki služijo kot počivališča in skrivališča za ribe. Zgornji del zavarovanja je bil ozelenjen z vrbovimi potaknjenci in zatravljen, kar prispeva k sonaravni stabilnosti brežine in izboljšuje ekološke razmere v vodotoku.



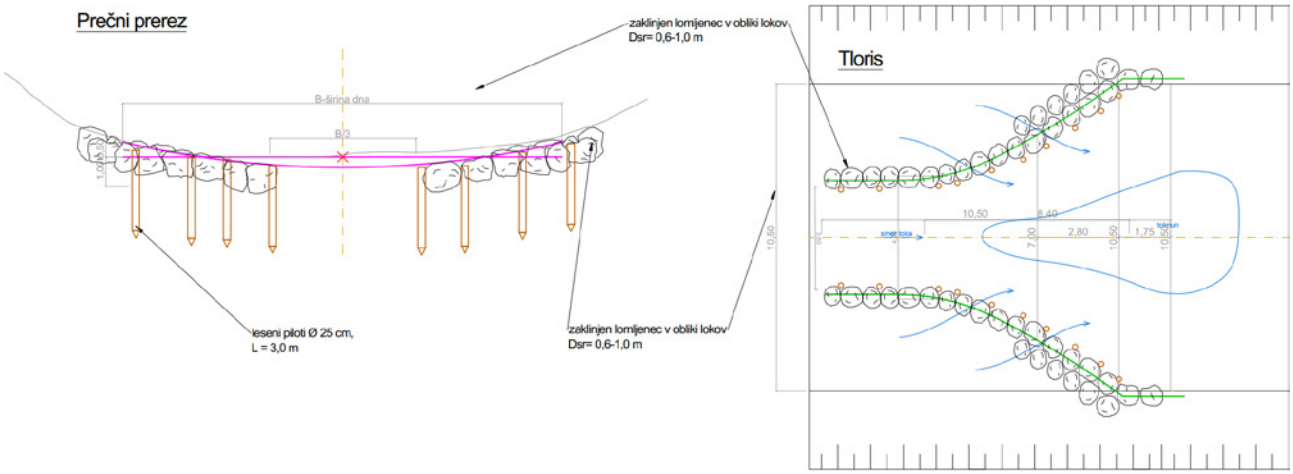
Slika 9: Primer projektirane težnostne konstrukcije in pripadajočih trikotnih jezbic (vir: VGP DRAVA)



Slika 10: Prikaz izvedene težnostne konstrukcije in pripadajočih trikotnih jezbic (vir: VGP DRAVA)

• Prag lijakaste oblike

Lijakasti prag je bil izveden z namenom preusmerjanja toka v osrednji del pretočnega prereza ter stabilizacije nivelete dna. Takšna zasnova zmanjšuje možnost poglabljanja struge in s tem varuje obrežna zavarovanja pred erozijo. Prag je bil zgrajen iz zaklinjenega lomljenca, dodatno zavarovanega z lesenimi piloti, ter oblikovan v dveh ločenih, rahlo ukrivljenih krilih. Med njima je bil ohranjen osrednji pas prostega toka, kjer se voda naravno usmerja v sredino struge. S tem se zagotavlja stabilnost dna in uravnotežen potek toka tudi pri višjih pretokih.



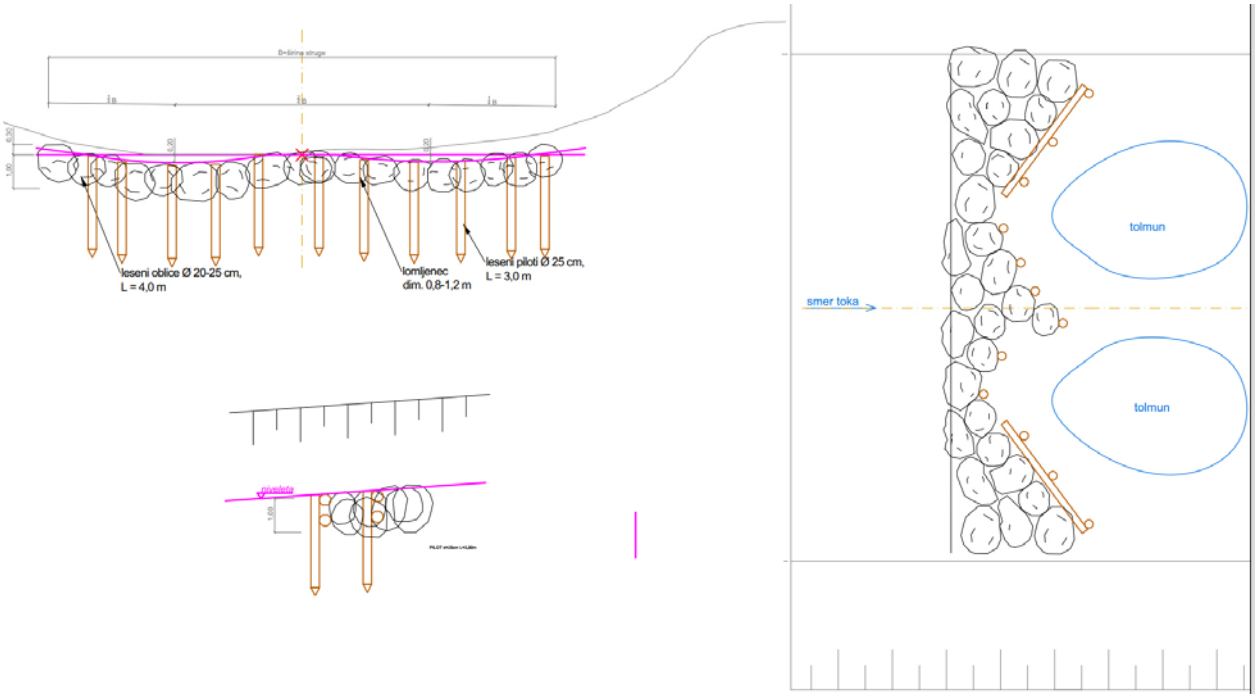
Slika 11: Primer projektiranega pragu lijakaste oblike (vir: VGP DRAVA)



Slika 12: Primer izvedenega pragu lijakaste oblike – Meža, Dobrije (vir: VGP DRAVA)

• Ojačan W – prag

W-prag je bil izveden z namenom usmerjanja toka v osrednji del pretočnega prereza ter oblikovanja dveh tolmunov, kjer se zmanjšuje energija vodnega toka. Takšna zasnova omogoča stabilizacijo nivelete, preprečuje poglabljanje dna in učinkovito varuje obrežna zavarovanja. Prag je bil zgrajen iz neporavnanega lomljenca, zaklinjenega in zavarovanega z lesenimi piloti ter prečkami. Ob brežinah je bilo zavarovanje dodatno dvignjeno in zaključeno z lomljencem v suho, kar zagotavlja stabilnost praga in pretočnega profila tudi pri visokih pretokih.



Slika 13: Primer projektiranega w - pragu - Meža, Mežica (vir: VGP DRAVA)



Slika 14: Primer izvedenega w - pragu– Meža, Mežica (vir: VGP DRAVA)

Zaključek

Reki Mislinja in predvsem Meža imata izrazit hudourniški značaj, zato sta ob ekstremnih padavinah izpostavljeni močnim erozijskim procesom in intenzivnemu transportu plavin. Sanacijski programi na obeh vodotokih so bili usmerjeni v stabilizacijo nivelete struge, zavarovanje brežin ter vzpostavitev sonaravnih ureditev, ki poleg tehnične stabilnosti zagotavljajo tudi ekološko povezanost in dolgoročno odpornost rečnega prostora. Pri načrtovanju so bili uporabljeni hidravlični modeli in natančni terenski podatki, ki so omogočili prilagoditev tipov brežinskih zavarovanj lokalnim geometrijskim, geomehanskim in hidravličnim razmeram. Posebna pozornost je bila namenjena uporabi naravnih materialov, vključevanju vegetacijskih elementov in ohranjanju pretoka sedimentov, kar zagotavlja trajnostno in okoljsko sprejemljivo obnovo obeh vodotokov.

Izvedeni ukrepi ne pomenijo le odprave posledic poplavne ujme, temveč predstavljajo pomemben korak k sodobnejšemu in bolj sistemskemu upravljanju s hudourniškimi vodotoki. Tehnično varnost in ekološko funkcionalnost je možno uspešno združiti, če se načrtovanje, projektiranje in izvedba izvajajo celovito in z upoštevanjem naravnih procesov. Tak pristop krepi odpornost prostora na podnebne spremembe, zmanjšuje tveganje prihodnjih poškodb ter prispeva k uravnoteženemu sobivanju človeka in reke.

Viri

Poročilo: Izjemne poplave v Sloveniji med 4. in 8. avgustom 2023 (ARSO)

METODOLOGIJA IZDELAVE IDEJNE ZASNOVE HUDOURNIŠKE UREDITVE POREČJA – PRIMER POREČJA MEŽE V OBČINI ČRNA NA KOROŠKEM

izr. prof. dr. Milan Kobal, u.d.i.gozd., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana, milan.kobal@bf.uni-lj.si

Aleš Klabus, u.d.i.gozd.,
HSE Invest d.o.o., Obrežna ulica 170, 2000 Maribor, ales.klabus1@gmail.com

Tadej Jeršič, u.d.i.gozd., Apus d.o.o. - Varstvo pred erozijo, hudourniki in plazovi,
Pribinova ulica 5, 1000 Ljubljana, tadej.jersic@apus.si

Povzetek

Meža je eden večjih pritokov reke Drave na njenem toku skozi Slovenijo. Zaradi specifičnih naravnih danosti so Meža in njeni pritoki izraziti hudourniki, ki pogosto povzročajo silovite in uničujoče hudourniške poplave. V zadnjem desetletju se je pogostost ekstremnih visokih vod še povečala, hkrati pa urbanizacija dodatno stopnjuje ogroženost naselij, gospodarske infrastrukture ter prometnih in komunalnih povezav. Sistematični in preventivni ukrepi za obvladovanje hudourniške problematike so bili do sedaj omejeni predvsem na odseke vodotokov skozi naselja in nekatere zaledne odseke večjih pritokov. Prispevek predstavlja celovit pregled obstoječega stanja vodotokov, erozijskih procesov in vodnogospodarske infrastrukture v zalednem delu porečja Meže na območju občine Črna na Koroškem. Na podlagi terenskih popisov in analize stanja so identificirani najbolj ogroženi odseki ter pripravljeni predlogi ukrepov za njihovo sanacijo in umirjanje erozijskih procesov. Poročilo vključuje tudi grafične priloge, ki prikazujejo erozijske razmere, obstoječo infrastrukturo in idejno zasnovo predlaganih ukrepov.

Ključne besede: hudourniška erozija, porečje Meže, Črna na Koroškem, umirjanje erozije, vodnogospodarski ukrepi, trajnostno urejanje vodotokov

Uvod

Meža je eden večjih pritokov Drave; v občini Črna na Koroškem so njeni pritoki izraziti hudourniki s pogostimi, uničujočimi hudourniškimi poplavami. V zadnjem desetletju se je povečala pogostost izjemnih visokih voda, urbanizacija pa povečuje ogroženost naselij, gospodarskih objektov ter cestne in komunalne infrastrukture. Kljub izvedenim protierozijskim in protipoplavnim objektom sistematičnega, preventivnega reševanja hudourniške problematike - zunaj odsekov skozi naselja in nekaterih zalednih odsekov večjih pritokov - primanjkuje. Prispevek podaja celovit pregled stanja vodotokov, hudourniške erozije in obstoje-





Slika 1: Raznolikost naravnih danosti v povirju Meže.

če vodnogospodarske infrastrukture v zalednem delu porečja Meže (Slika 1), locira odseke potrebnih ukrepov na strugah hudournikov ter na podlagi rangiranja predstavi idejno zasnovo ukrepov za umirjanje hudourniške erozije.

Metodologija izdelave idejne zasnove

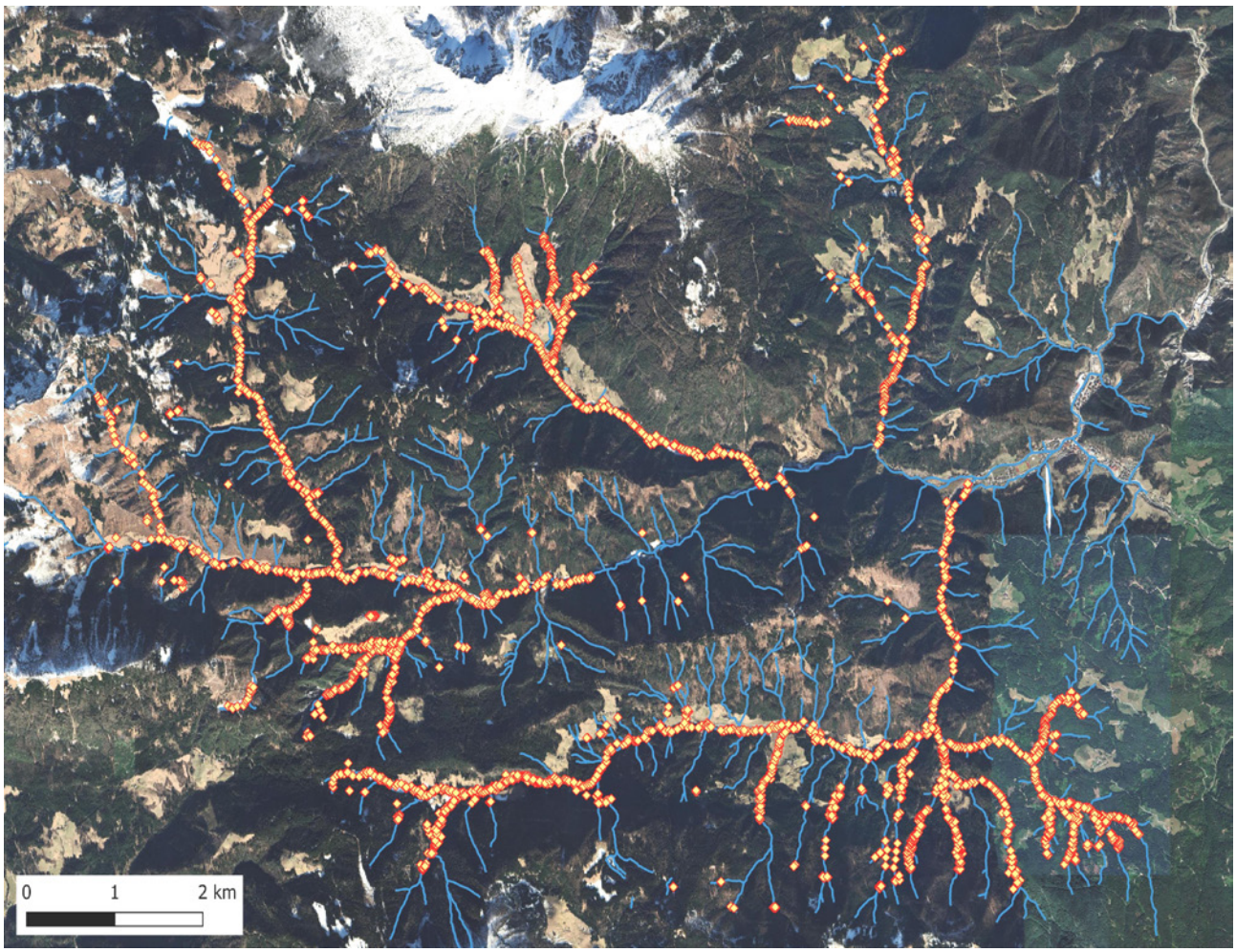
Terenski pregled s popisovanjem, kartiranjem in fotografiranjem (Slika 2) je potekal od decembra 2024 do aprila 2025. Pregledane so bile glavna struga Meže od meje občine Črna do zaledja pod Olševo, glavne struge večjih pritokov (Jazbinski potok, Javorski potok, Bistra, Helenski potok, Topla, Koprivna) ter izlivni in zaledni odseki manjših pritokov; hkrati tudi pretežna večina obstoječe vodnogospodarske infrastrukture.

Za delo je bila razvita mobilna GIS aplikacija QGIS/QField s predpripravljenimi kartami (ortofoti pred/po ujmi, analitično senčenje pred/po ujmi, razlika v digitalnem modelu reliefa, plastnice, državna hidrografska mreža, vodozbirna območja). Podatki so bili zajeti v vektorski sloj, ki vključuje erozijske in sedimentacijske pojave ter obstoječo in predlagano vodnogospodarsko infrastrukturo. Na podlagi analize terenskih podatkov, naravnih danosti porečja, hidroloških in hidravličnih značilnosti, stanja strug in erozijskih procesov ter učinkovitosti obstoječih objektov so bili evidentirani in locirani odseki z potrebnimi ukrepi za umirjanje hudourniške erozije. Za vsak odsek so opredeljeni: lokacija, problematika, ogroženost in vplivi, vrsta ukrepov, prioriteta ukrepanja ter pristojnost financiranja.

Opis naravnih danosti

Geografski opis

Meža je desni pritok Drave z izlivom v Dravogradu. Zaledje se razprostira v skrajnem severovzhodnem delu Savinjskih Alp; manjša zaledna dela Meže in Koprivne segata v Avstrijo. Relief je izrazito gorski z globokimi, razvejanimi dolinami in grapami; glavna dolina je ozka z malo ravnih površin,



Slika 2: Lokacije terenskih fotografij (14,6 km-1), zajetih med popisom, v zahodnem, povirnem delu Meže.

najširša je pri Črni na Koroškem. Višinske razlike v zaledju so velike.

Klimatske razmere

Območje sodi v milejšo gorsko klimo severnega dela Kamniško-Savinjskih Alp. Povprečna temperatura najtoplejšega meseca presega 10 °C; padavinski režim je subkontinentalen. Letne padavine znašajo 1300-1800 mm in naraščajo z nadmorsko višino ter od vzhoda proti zahodu. Snežna odeja traja povprečno 110–130 dni/leto. V zadnjih desetletjih se povečuje število izjemno intenzivnih nalivov; največ padavin je poleti in jeseni, najmanj pozimi; poleti in jeseni so pogostejši močnejši nalivi. Dni s padavinami > 50 mm je povprečno 4-8/leto.

Litološki opis

Porečje je litološko zelo pestro s številnimi prelomi; izrazit je kontrast med južnim in severnim delom. Južni del sestavljajo pretežno magmatske in metamorfne, praviloma neprepustne kamnine; erodibilnost je vrstno odvisna - tonaliti in graniti so zelo odporni, ostale večinoma srednje občutljive; pobočni grušči in preperina so zelo občutljivi, a jih večinoma varuje gozdna vegetacija. Pojavljajo se številni zemeljski plazovi (Slika 3).

V severnem delu prevladujejo sedimentne kamnine (apnenci, dolomiti) z večjo prepustnostjo; apnenci in dolomiti so večinoma bolj odporni, laporнati apnenci manj; pogost je tudi manj odporen lapor. Rudno bogastvo je povzročilo številna devastirana območja (dnevni kopi, deponije, platoji, ceste) in erozijska žarišča; urbanizacija utesnjuje vodotoke in zmanjšuje razlivne površine; na devastiranih območjih se sproščajo hudourniške plavine, vse to pa krepi hudourniško erozijo.

Raba tal in vegetacija

Gozd pokriva 87,0 % občine. V višjih legah prevladujeta navadna smreka (*Picea Abies*) in Evropski macesen (*Larix decidua*) s primesjo listavcev; v nižjih legah mešani listnati sestoji, ponekod zasmrečeni. Večinoma so gozdovi uvrščeni v združbe: predalpsko jelovo bukovje (*Homogyno*



Slika 3: Zaradi značilne litološke podlage se pojavljajo številne oblike zemeljskih plazov.



Slika 4: Vetrolom v Koprivni je nastal leta 2018.

sylvestris–Fagetum), kisloljubno zgornjegorsko bukovje z zasavsko konopnico (*Cardamini savensi–Fagetum* var. geogr. *Abies alba*), kisloljubno bukovje z rebrenjačo (*Blechno–Fagetum*) in predalpsko–alpsko toploljubno bukovje (*Ostryo–Fagetum* var. geogr. *Anemone trifolia*). Gozdovi so pretežno gospodarski; varovalni so na strmejših pobočjih Pece, Olševe in Uršlje gore. Splošno stanje je dobro, vendar se zaradi toplejšega podnebja slabša.

Vetrolomi so vse pogostejši - leta 2018 je bilo v zahodnem delu občine poškodovanih > 200 ha (≈ 2 %) sestojev v porečjih Koprivne, Repovega potoka in skrajnem zaledju Meže. Ogolela pobočja ob intenzivnih padavinah pospešujejo površinsko odtekanje ter povečujejo visoke vode in količine plavin, ponekod je povečana nevarnost vnosa lesnega plavja (Slika 4).

Poselitev in cestna infrastruktura

Poselitev je redka in vezana na širša dolinska območja ob Meži in Javorskem potoku; največje strnjeno naselje je Črna na Koroškem, večje je tudi Žerjav. V stranskih dolinah ter na položnejših pobočjih so številni razpršeni zaselki in kmetije. Cestno omrežje je relativno gosto. Mnoge lokalne in dovozne ceste potekajo po dnu dolin in grap, deloma po pobočjih. Na gozdnatih pobočjih Smrekovca, Uršlje gore, Pece in Olševe je razvita mreža gozdnih cest; številne gozdne vlake so ponekod problematične zaradi sproščanja plavin.

Hidrološki opis porečja Meže

Hidrografska mreža

Glavni odvodnik je Meža; v prispevku je obravnavan njen zaledni del skozi občino Črna (dolžina struge 17,65 km; površina porečja 161,10 km^2). Zaradi neprepustne podlage, razgibanega reliefa in relativno obilnih padavin je hidrografska mreža izredno gosta, stalno vodnata in pahljačasto razvejana, kar krepi hudourniški režim. Evidentiranih je 47 pritokov > 0,04 km^2; šest jih presega 12 km^2, šest pa 1,70-3,00 km^2. Največji je Javorski potok (32,59 km^2).

Vodni in plavinski režim

Prevladuje hudourniški vodni režim. Ključni dejavniki so velike višinske razlike in visoki padci strug, strma pobočja, gosta in pahljačasto razvejana hidrografska mreža, neprepustna litološka podlaga, stalna vodnatost, erodibilnost, relativno



Slika 5: Akumulacija plavin na spodnje/vršajne odseke hudournikov.

obilne padavine, velike količine plavin (srednje do zelo grobe), pogosti skalnati odseki dna. Prodonosnost je odvisna od erodibilnosti dna/brežin, erozijske moči vodotokov (količina vode, nagibi, oblika strug) in razvejanosti mreže; posledica so hitra akumulacija in transport vode ter plavin na spodnje/vršajne odseke in v recipiente (Slika 5). Hudourniške značilnosti se prostorsko razlikujejo glede na litologijo: v južnem in vzhodnem delu (Bistra, Javorski potok, zaledna Meža gorvodno od Črne) so najizrazitejše.

Naravna ohranjenost vodotokov

Dolinski odseki Meže, Javorskega in Jazbinskega potoka skozi Črno in Žerjav ter ob industrijskih/rudarskih območjih in glavnih cestah so regulirani in geomorfološko–ekosistemsko spremenjeni. Proti zaledju so struge vse bolj naravno ohranjene (Slika 6); spremenjeni so le krajši odseki pri zaselkih, cestah ali zaradi kmetijske rabe. Več kot polovica občine spada v območje Natura 2000; velik del porečja Bistre in zaledje Helenskega potoka sta v Ekološko pomembnem območju Kamniško–Savinjskih Alp.



Slika 6: Proti zaledju so struge vse bolj naravno ohranjene, a erodirane in polne podrtega drevja.

Preglednica 1: Osnovni hidrološki parametri vodotokov (stran in km izliva, površina porečja, Q100 ter Q100 + PS)

Vodotok	Stran izliva	Kilometraža izliva (km)	Površina porečja (km^2)	Q100 (m^3/s)	Q100 + PS (m^3/s)
Meža	Desni pritok Drave	0,00	161,10	234,46	264,47
Hudi graben	Desni pritok Meže	25,25	2,47	22,89	25,82
Jazbinski potok	Desni pritok Meže	26,07	24,21	85,76	96,73
Javorski potok	Desni pritok Meže	29,31	32,59	100,78	113,68
Bistra	Desni pritok Meže	30,56	27,72	92,32	104,14
Helenski potok	Levi pritok Meže	31,95	20,79	78,89	88,99
Svinjski graben	Desni pritok Meže	33,23	0,73	10,35	11,67
Topla	Levi pritok Meže	33,49	14,11	63,65	71,80
Rožančev graben	Levi pritok Meže	37,20	1,78	18,63	21,02
Janšekov graben	Desni pritok Meže	37,60	2,85	25,01	28,21
Koprivna	Levi pritok Meže	39,08	12,92	60,59	68,34
Repov potok	Levi pritok Meže	41,28	2,03	20,25	22,84

Hidrološki in hidravlični parametri

Pretoke Q100 smo ocenili z empiričnim obrazcem po Kresniku in jih povečali za 12,80 % (vpliv podnebnih sprememb - PS). Vrednosti so orientacijske in namenjene relativni primerjavi med vodotoki. Osnovni hidrološki podatki za vse vodotoke so podani v Preglednici 1.

Visoke vode in hudourniške poplave v zgodovini

Občina Črna leži v tipičnem gorskem hudourniškem območju Kamniško–Savinjskih Alp; hudourniške poplave so zato normalen in relativno pogost pojav. Zgodovinski viri navajajo poplave 6. 8. 1869 (kronika župnije Javorje) in novembra 1925; v novejšem času izstopajo dogodki decembra 1966 in novembra 1990. V zadnjih desetletjih se povečuje pogostost ter lokalna ekstremnost pojavov, ki prizadenejo manjša prispevna območja. Poplave 4. 8. 2023 so bile najhujše v novejši zgodovini.

Splošni opis erozijskih razmer

V goratem zaledju porečja Meže so hudourniški procesi prisotni v vseh strugah: bočna in globinska erozija, sproščanje plavin, poplavljanje, odlaganje/zasipavanje ter erozijska žarišča; jakost sega od zmerne do ekstremne. Erozijsko dinamiko določajo naravne danosti (litološka podlaga, velikost prispevnega območja in razvejanost mreže, padci strug) ter antropogeni vplivi (raba tal, spremenjenost okolja, učinkovitost vodne infrastrukture). Prostorsko je erozija izrazitejša v južnem in zahodnem delu občine (porečje Bistre, levi pritoki Javorskega potoka vključno s Kramarico, desni pritoki in glavna Meža). Proti zaledju/povirjem se zaradi manjših vodnih količin in gozdnatosti zmanjšuje, dolvodno pa narašča; najbolj obremenjeni so srednji in spodnji ter vršajni odseki pritokov (Slika 7). Na dolinskih odsekih glavnih strug razmere določata stopnja reguliranosti in ohranjenost retencijskih/priobrežnih površin; tam, kjer so struge regulirane, je sproščanje plavin zmanjšano, povečana pa nevarnost preplavljanja ter odlaganja in zasipavanja.

Usmeritve za urejanje in umirjanje hudournikov

Hudourniška erozija ogroža ‚'kulturno krajino'' (naselja, ceste, infrastrukturo, industrijsko-rudarska in kmetijska območja). Na neposredno ogroženih dolinskih odsekih ter na zalednih odsekih z ekscesnimi ali napredujočimi procesi so ukrepi potrebni oziroma nujni; ti morajo biti sistematični, učinkoviti, racionalni, najmanj invazivni in sonaravni. Na dolinskih odsekih Meže in večjih pritokov je bilo zgrajene precej vodne infrastrukture (VI), vendar so poplave avgusta 2023 razkrile pomanjkljivosti ureditev in neurejenost zaledij. Regulacije v dolinah zadovoljivo delujejo le ob urejenih hudourniških zaledjih, zlasti ob zadrževanju plavin in umirjeni eroziji. Večina zalednih strug je v naravnem stanju in ne potrebuje posegov; ključni sta ohranitev strug in pokrovnosti z zdravimi, stabilnimi gozdnimi sestoji, rastišču ustrezna drevesna sestava, ter redno spremljanje stanja (spremljanje stanja gozda ter rečni in hudourniški nadzor). Najprimernejši ukrepi so zadrževanje plavin, stabilizacija strug ter protierozijski in protipoplavni ukrepi v strugah in na brežinah. Kjer utesnjen priobrežni prostor ne omogoča zadostne prevodnosti struge, so možni retencijski ukrepi (suhi zadrževalniki); njihova učinkovitost pa terja dovolj nepozidanega prostora za akumulacijo, ki ga v občini Črna praviloma primanjkuje.



Slika 7: Prekomeren dotok plavin v obliki različnih zrnastih in drobirskih tokov.

Idejna zasnova ukrepov in zaključki

Odseki s predvidenimi ukrepi

Na podlagi analize naravnih dejavnikov, obstoječih erozijskih razmer, posledic poplav 2023 ter učinkovitosti obstoječe VI so opredeljeni in opisani odseki z ukrepi za umirjanje hudourniške erozije. V porečju Meže v občini Črna je evidentiranih 158 takih odsekov (Slika 8); zbirnik je podan v Preglednici 2.

Preglednica kaže, da so z vidika hudourniške erozije najproblematičnejši hudourniki: Bistra (z Vrtačnikovim potokom), Javorski potok (s Kramarico), Jazbinski potok ter glavna struga Meže z manjšimi zalednimi pritoki. V I. prioriteto ukrepanja je uvrščenih 87 odsekov (55 %). Najpomembnejši tip ukrepa je zadrževanje plavin, obravnavano na 90 odsekih (57 %).

Lokalni in kumulativni učinek ukrepov

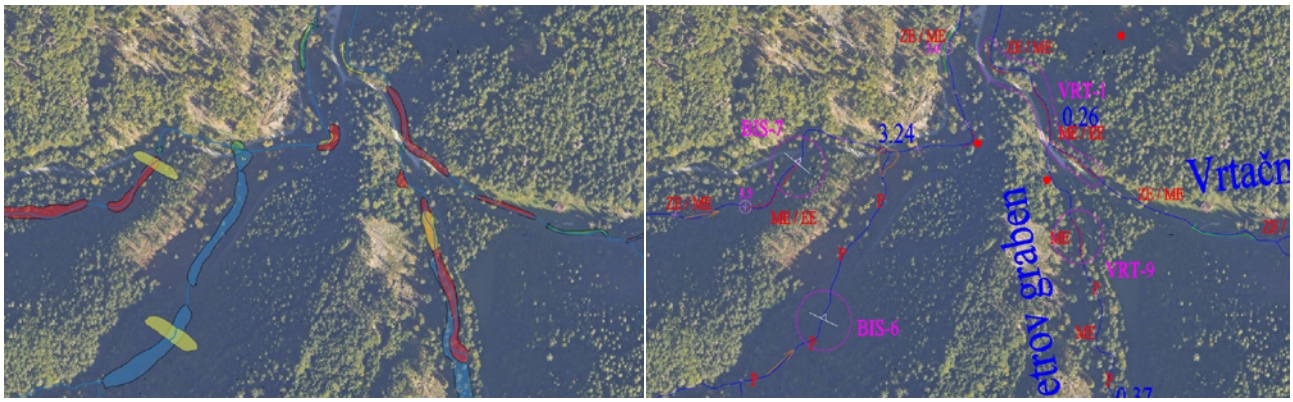
Poplave avgusta 2023 so bile najhujše v dolinskem delu (Črna), kjer pahljačasto razvejana mreža hudournikov kumulira visoke vode in plavine. Pri izboru odsekov in ukrepov je upoštevan lokalni učinek v posameznih porečjih ter kumulativni vpliv na dolvodni vodni in plavinski režim Meže.

Retencijski ukrepi

Q_{100} je v porečju relativno velik in se bo zaradi podnebnih sprememb verjetno še rahlo povečeval; pri dimenzioniranju vodne infrastrukture se upošteva dodatnih 10–15 %. Prevodnost strug skozi naselja omejuje pozidan priobrežni prostor in hidravlično neustrezni mostovi; racionalne izboljšave so pogosto omejene. Zaradi ozkih dolin in grap učinkoviti suhi zadrževalniki visoke vode praviloma niso izvedljivi. Ključna "retencijska" usmeritev je ohranjanje naravnih odsekov strug, stabilno poraščenih brežin z gozdnim drevjem in nepozidanih poplavnih površin, ki upočasnijo odtok.

Preglednica 2: Odseki z načrtovanimi ukrepi po porečjih: skupno število, I. prioriteta in ukrepi za zadrževanje plavin

Porečje	Število vseh evidentiranih odsekov	Število odsekov I. prioritete	Število odsekov za zadrževanje plavin
Meža, glavna struga	19	8	5
Jazbinski potok	22	13	8
Javorski potok	24	13	13
Kramarica	17	11	10
Bistra	14	12	10
Vrtačnikov potok	13	5	8
Helenski potok	5	3	2
Topla	12	8	6
Koprivna	9	4	7
Ostali pritoki Meže	23	10	21
Skupaj	158	87	90



Slika 8: Izsek iz mobilne GIS aplikacije ter končni rezultat v CAD okolju.

Protierozijski in protipoplavni ukrepi

Večina obstoječe vodne infrastrukture (obrežna zavarovanja, zidovi, pragovi) deluje protierozijsko, varovalno in protipoplavno ter stabilizira struge in zmanjšuje sproščanje plavin. Predlagani ukrepi te vrste predstavljajo 43 %, zlasti na odsekih za varovanje cest in zaselkov v zaledjih, kjer so obstoječe ureditve nezadostne. V zalednih grapah so predvideni stabilizacijski ukrepi za odseke z močnim do ekstremnim erodiranjem; najučinkovitejši so nizi ustalitvenih pragov v kombinaciji z obrežnimi zavarovanji.

Ukrepi za zadrževanje plavin

Zaradi izrazito hudourniškega značaja je zadrževanje plavin najpomembnejši ukrep. Poplave 2023 so bile v veliki meri posledica množičnega dotoka plavin, ki so zasule struge v naseljih. Evidentirane so lokacije z največjim prispevkom plavin; popisani in analizirani so vsi obstoječi zaplavni objekti (lokalna/širša učinkovitost). Določene so dostopne lokacije z zadostnimi zaplavnimi kapacitetami, pri čemer vsi objekti prispevajo k kumulativnemu učinku v celotnem porečju. Ključno je redno vzdrževanje: pomembni naj imajo ≥ 80 % prostega zaplavnega volumna. V porečju je 30 obstoječih pregrad (8 večjih, 22 lokalnih); v porečju Javorskega potoka jih je 17 (8 po poplavah 2023). Predvidenih je > 90 novih zaplavnih objektov, od tega ~20 večjih, strateško umeščenih. V I. prioriteto je uvrščenih 87 odsekov.

Usmeritve projektantom

Ukrepi naj bodo sonaravni, učinkoviti, racionalni in obsegovno minimalni; prioritetno naj izboljšujejo vodni in plavinski režim, z večinoma sočasnim varovanjem cestne in komunalne infrastrukture (Slika 9). V idejno zasnovo praviloma niso vključeni ukrepi, namenjeni izključno varovanju občinske infrastrukture, niti zelo kratki odseki in manjše poškodbe vodne infrastrukture. Evidentirani odseki (na osnovi terenskega ogleda in ortofotov) podajajo okvirne lokacije in dolžine; dejanske dolžine/razdelitev določi projektant na podlagi terenskega ogleda in geodetske izmere. Pri zaplavnih pregradah je nujna premišljena umestitev (ena ali več lokacij). Natančna vrsta, dimenzije, število in tip objektov ter obseg ukrepanja so v domeni projektanta.



Slika 9: Gradnja enega izmed ukrepov nad naseljem Črna na Koroškem.



Poplavljeno kmetijsko zemljišče v Prekmurju-Tešanovci.
Foto: Geza Grabar, ČZD Kmečki glas

03

Poplavna območja in kmetijstvo

VPLIV POPLAV NA KMETIJSKA ZEMLJIŠČA

Andrej Rebernišek, univ. dipl. inž. kmet., KGZS Zavod Ptuj, Ormoška cesta 28, 2250 Ptuj

Peter Pribožič, univ. dipl. inž. zoot., KGZS Zavod Ptuj, Ormoška cesta 28, 2250 Ptuj

Matic Leben, mag. kmet., KGZS Zavod Ptuj, Ormoška cesta 28, 2250 Ptuj

Marko Černe, univ. dipl. inž. agr., KGZS Zavod Ptuj, Ormoška cesta 28, 2250 Ptuj

Povzetek

Slovensko kmetijstvo se srečuje z različnimi tveganji, ki otežujejo pridelavo, zmanjšujejo količino in kakovost pridelkov ter posledično dohodek v kmetijstvu. Največjo nevarnost predstavljajo vse pogostejši ekstremni vremenskih pojavi, kot so suša, poplave, nevihte s točo, pozeba, veter in žled. V tem prispevku obravnavamo vpliv poplav na kmetijsko pridelavo in zemljišča. V letu 2023 je ob katastrofalnih poplavah znašala ocenjena škoda samo na pridelkih 9 milijonov EUR, izplačana državna pomoč pa je znašala 2,1 milijona EUR. Ocena povprečne izgube tal zaradi erozije, ki je pri nas pretežno pod vplivom delovanja vode, znaša 7 t/ha/leto v Sloveniji in s tem našo državo uvršča na drugo mesto po ogroženosti držav z erozijo v Evropi. Posledice prekomernih količin vode na kmetijskih tleh se odražajo v siromašenju in onesnaževanju tal, izgubi biotske pestrosti in zmanjšanju rodovitnosti kmetijskih zemljišč. Poplave vplivajo na zmanjšane ali popolnoma uničene kmetijske pridelke, povečanje stroškov in slabšo gospodarnost kmetijske pridelave.

Uvod

Ker naša najkakovostnejša kmetijska zemljišča ležijo v ravnicah vodotokov, kot so Sava, Savinja, Drava, Mura, Krka, Pesnica, Ščavnica, Dravinja idr., so pogosto podvržena poplavam, ki vplivajo na zmanjšano rodovitnost tal in okrnjeno kmetijsko pridelavo. Poplave povzročajo znatne in pogosto tudi nepopravljive škode v kmetijski proizvodnji, puščajo pa tudi trajne posledice na kmetijskih tleh. Ker v Sloveniji obdelujemo le nekaj več kot osem arov njiv na prebivalca, kar je manj kot polovica povprečja držav članic Evropske unije, ki znaša 20 arov njiv na prebivalca, je potrebno posvečati posebno skrb varovanju naših kmetijskih zemljišč in rodovitnosti tal. Poplave prizadenejo kmetijske objekte, mehanizacijo, infrastrukturo in predvsem kmetijska zemljišča, vplivajo na izpad dohodka na obdelovalnih zemljiščih, uničujejo lastnosti tal in povzročajo druge škode ter vplivajo na nižjo tržno vrednost kmetijskih zemljišč, ki ležijo na območju pogostih poplav.

Dejavniki vpliva poplav na kmetijskih zemljišč

Poplave lahko zelo različno vplivajo na kmetijska zemljišča, odvisno od intenzivnosti in trajanja poplav, vrste kmetijske dejavnosti, rabe zemljišč, letnega časa in kakovosti poplavne vode. Če poplavna voda hitro odteče, so vplivi poplav bistveno manjši kot pri dolgotrajni prisotnosti vode na kmetijskih zemljiščih. Visoka intenzivnost padavin, ko v kratkem času pade znatna količina dežja in je kot posledica tudi količina poplavne vode zelo velika, vpliva na tla in pridelke mnogo bolj kot manjša in kratkotrajnejša količina poplavne vode. Poplave mnogo bolj prizadenejo njivske površine kot trajne travnike, še posebej, če gre za golo njivsko površino, ki je najbolj občutljiva glede vodne erozije in odnašanja najbolj rodovitnih delcev tal.

Vplivi poplav so tudi zelo različni glede na letni čas in pridelovalno sezono. V zimskem času, ko na nekaterih kmetijskih površinah ni kmetijskih kultur, poplave ne vplivajo na pridelke, so pa tla takrat mnogo bolj občutljiva kot v primeru, če so na površinah prisotne rastline. Poplavne vode vplivajo na kmetijsko pridelavo bolj uničujoče, ko so rastline še v začetni fazi rasti, saj takrat rastline še nimajo razvitega koreninskega sistema, ki bi preprečeval erozijo tal in odnašanje rodovitne prsti. Dodatno lahko vodni val takoj po setvi odnese seme, tako da je treba setev ponoviti, kar povzroča dodatne stroške in slabši ekonomski izplen pridelave. Poplavna voda, ki priteče iz onesnaženih predelov (primer katastrofalnih poplav iz avgusta leta 2023, ko so poplavne vode, ki so vsebovale višji delež težkih kovin, predvsem svinca z območja Mežiške doline, onesnažile dolvodno tudi reko Dravo in kmetijska zemljišča ob njej) lahko trajno vpliva na onesnaženost kmetijskih zemljišč in ogrozi pridelavo v prihodnosti.

Vpliv poplav na kmetijska zemljišča

Vpliv poplav na kmetijsko pridelavo in tla je takojšen, ima pa pogosto tudi dolgotrajnejše posledice. Poplave povzročajo neposredne in posredne škode na kmetijskih zemljiščih. Po poplavah je pogosto potrebna tudi sanacija kmetijskih zemljišč.



Slika 1: Poplavljeno kmetijsko zemljišče

Neposredni vpliv poplav

Neposredne škode zaradi poplav so posledica mehanskega vpliva vode na kmetijske pridelke, trajne nasade ali kmetijsko infrastrukturo. Pridelki so zaradi sile poplavne vode uničeni, polegli ali onesnaženi. Višina nastale neposredne škode je odvisna od količine in lastnosti poplavne vode, vrste posevka, stopnje rasti in razvoja kmetijske kulture ter časa trajanja poplavnega dogodka.

Poplave poškodujejo ali uničijo posevke poljščin in zelenjadnic zaradi gnitja in zadušitve korenin. V primeru trajnih ali sejanih travnikov je neposredno uničen pridelek krme za živino, kar lahko vpliva na pomanjkanje krme na kmetiji ter zmanjševanje staleža živine. Običajno pa so zaradi zmanjšane količine in slabše kakovosti vsaj delno prizadeti tudi naslednji odkosi v sezoni. V primeru pridelave silažne koruze je lahko zaradi onesnaženosti rastline ogrožen celotni pridelek, še posebej, če višina poplavne vode preseže višino rasti koruznih storžev. V takem primeru kmetu ne preostane drugega, kot da svoj pridelek silažne koruze zmulči.

Poplave povzročajo dolgoročne škode tudi v trajnih nasadih (sadovnjakih, vinogradih in hmeljiščih) zaradi poškodbe korenin, propada rastlin in širjenja bolezni. V trajnih nasadih so zaradi vpliva poplavne vode pogosto uničeni namakalni sistemi, opore in armature s protitočnimi mrežami. Pri pridelavi vrtnin v zaščitenih prostorih lahko poplave poleg pridelka uničijo tudi rastlinjake, tunele, ipd.

Pri pridelavi zelenjave, katerih nadzemni deli (npr. solatnice) se porabljajo sveži brez toplotne obdelave, so poplavljeni pridelki zaradi onesnaženosti neuporabni ali celo popolnoma uničeni. Če se poplavni dogodek zgodi v zgodnejših fazah rasti pa sta zaradi prekomerne količine vode v talnih horizontih zmanjšana kakovost in količina zelenjadnic. Pri vrtninah, katere plodovi rastejo pod zemljo (korenovke, gomoljnice), se ob poplavah zniža količina in poslabša pridelek, ob dolgotrajnejšem poplavljanju pa lahko pridelek tudi zgnije in propade. Pri poplavah takoj po setvi se lahko zgodi odplavljanje semena in prekinitev vznika ter propad pridelka v celoti. Ekološka pridelava v takšnih razmerah ni izvedljiva.

Poplavna voda na kmetijah poškoduje ali uniči ograje za živino, poljske poti, hleve, silose in drugo kmetijsko infrastrukturo.



Slika 2: Prekomerna količina vode na obdelovalnih površinah ogrozi pridelek in prizadene tla

Važna talna lastnost je tudi zračnost oziroma preskrba rastlin s kisikom, ki je nujna za uspešno kmetijsko pridelavo. Poplave povzročijo vsaj začasno stanje anaerobnih razmer oziroma stanje brez kisika v tleh, kar povzroča zbitost tal, znižanje pH, zakisanost zemljišča, slabše izkoriščanje hranil in odmiranje številnih koristnih talnih organizmov ter s tem poslabšanje rodovitnosti tal. Nobena kulturna rastlina ne zmore rasti brez prisotnosti zraka. Dolgotrajno poplavljeno kmetijsko zemljišča pa lahko vodi celo v zamočvirjenje tal. Taka tla imajo nižji proizvodni potencial ali pa so neprimerna za kmetijsko pridelavo.

V primeru poplav lahko pride tudi do mikrobiološke onesnaženosti rastlin, še posebno so nevarni patogeni sevi bakterij Escherichia, Salmonella, Clostridium, Listerium in Bacillus, ki lahko ogrozijo zdravje človeka in živali.

Posledice neposrednih škod na kmetijskih zemljiščih so lahko znatne in imajo dolgoročne posledice na kakovost in rodovitnost kmetijskih zemljišč. Poplavne vode s svojo močjo odnašajo najrodovitnejši del kmetijskih tal, ki je nastajal tisočletja. V primeru njivskih površin gre za zgornji humusno-akumulativni sloj, katerega najfinejše delce voda odnese in s tem taka tla močno osiromaši. Prav tako zaradi močnega površinskega odtoka povzroča vodno erozijo in zmanjšuje ali ogroža rodovitnost tal.

Posredne škode

Poplave vplivajo tudi na posredne škode kmetijskih zemljišč. Voda lahko odnaša neporabljena hranila in ostanke sredstev za varstvo rastlin, kar zmanjša količino in kakovost pridelkov ter onesnaženje s temi snovmi dolvodno po osi vodotoka. Potrebne so dodatne analize tal in gnojenje z umetnimi ali živinskimi gnojili, da bi kmet dosegel želene pridelke. Zaradi poplav so posevki bolj občutljivi na pojav bolezni in škodljivcev, kar poveča uporabo sredstev za varstvo rastlin. Poplavna voda vpliva na zakisanost tal, zato je pogosto potrebno dodatno apnenje za dvig pH tal.

Poplave tudi uničujejo strukturo tal, ki je temelj rodovitnosti. Voda uničuje strukturne agregate, s tem se zmanjšuje poroznost tal in aeracija zemljišča. Taka tla imajo slabšo dostopnost hranil, predvsem fosforja, kalija, kalcija in žvepla, nižji pH, slabšo hidravlično prevodnost in zmanjšano sposobnost infiltracije ter slabše vodno zadrževalne lastnosti. Zaradi močne vodne erozije kmetijska površina ni več ravna in primerna za obdelavo, zato je predhodno potrebno več časa in energije za ponovno vzpostavitev primerne kmetijske površine.

Poplave imajo tudi dolgotrajnejše posledice na kmetijska tla, saj zaradi erozije in morebitnega onesnaženja znižujejo njihovo produktivnost. Poplave vplivajo na spremembo mikrobiološke sestave tal oziroma t.i. mikrobioma. To je kompleksni ekosistem bakterij, virusov, gliv in drugih mikroskopsko majhnih organizmov, ki so temelj plodnih tal in zdravih pridelkov. Mikrobiom je nepogrešljiv pri vzdrževanju zdravja in plodnosti tal, saj prav mikroorganizmi omogočajo ali pospešujejo biokemične procese za kroženje hranil. Ob poplavah se mikrobiom lahko spremeni do te mere, da se zmanjša rodovitnost tal.

Zaradi poplavljanja kmetijskih zemljišč lahko pride do fekalnega onesnaženja, kar lahko ogrozi zdravje ljudi in živali. Pride lahko tudi do kemičnega onesnaženja z mineralnimi olji, dioksini in drugimi onesnažili. Na pridelkih se zaradi poplav in povečane vlažnosti ustvarijo pogoji za razvoj plesni in mikotoksinov na pridelkih za krmo živali, kar lahko ogrozi njihovo zdravje. Obstaja tudi nevarnost trajnega onesnaženja zemlje s težkimi kovinami, kot so svinec, kadmij, krom, živo srebro, cink, idr.

Zaradi vpliva poplav se zmanjšuje biotska raznovrstnost, saj se na poplavljenih zemljiščih zaradi vnosa naplavin in spremembe v tleh pojavlja močan izbruh in razvoj invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst, kot so npr. rudbekija, enoletna suholetnica, ambrozija, zlata rozga, japonski dresnik.

Posredne škode na kmetijskih zemljiščih se kažejo tudi v povečanih stroških obdelave zemljišč, dodatnemu gnojenju in uporabi sredstev za varstvo rastlin, morebitnemu apnenju ipd. Ker so tla namočena dalj časa, to vodi v preprečevanje setve in obdelave, zato se pojavljajo zamude v sezoni, nižji pridelki in slabša ekonomika pridelave.

Poplave povzročajo tudi zasipanje kmetijskih površin z naplavinami, kot so pesek, mulj, kamenje različnih velikosti in plavje (npr. drevesna debla), ki onemogočajo nadaljnjo pridelavo in jih je potrebno odstraniti s kmetijskih površin, kar poveča stroške obdelave.

V okviru Strateškega načrta skupne kmetijske politike 2023-2027 ni sistemskih ukrepov za podporo kmetovanju na območju vsakoletnih poplav. Vlada RS sprejme interventne ukrepe le ob naravnih nesrečah, ki povzročijo izpad dohodka v primarni kmetijski proizvodnji. Višina odobrene in izplačane državne pomoči se določi za tiste naravne nesreče, za katere je bila v skladu z zakonom, ki ureja odpravo posledic naravnih nesreč izdelana uradna ocena škode. Odobrena državna pomoč predstavlja delež pomoči napram uradno ocenjeni škodi, ki je namenjena izplačilu oškodo-



Slika 3: Poplavna voda iz lokalnega potoka povzroča erozijo tal

vancem po programu odprave posledic škod zaradi naravnih nesreč v kmetijstvu. Izplačana pomoč pa je pomoč, ki je bila izplačana oškodovancem, po preveritvi izpolnjevanja pogojev iz programa odprave posledic škode zaradi naravnih nesreč in izračunu izpada dohodka.

Zaključek

Ekstremne vremenske razmere, ki so posledica sprememb podnebja, se kažejo v hitrih prehodih med letnimi časi, spremenjenem padavinskem režimu, višjih povprečnih letnih temperaturah, daljših sušnih obdobjih, poplavah, nevihtah z veliko intenzivnostjo padavin, točo in močnim vetrom. Vsi ti dogodki pa vplivajo tako na količino kot tudi na kakovost kmetijske proizvodnje.

Slovensko kmetijstvo se srečuje z različnimi tveganji, ki otežujejo pridelavo, zmanjšujejo količino in kakovost pridelkov ter posledično dohodek v kmetijstvu. Največjo nevarnosti predstavljajo vse pogostejših ekstremni vremenskih pojavi, kot so: suša, poplave, nevihte s točo in pozeba.

Poplave vplivajo na kmetijsko pridelavo in kmetijska zemljišča. Posledice poplav se pokažejo v znižanju produktivnosti in onesnaženju kmetijskih tal, zmanjšanju biotske raznovrstnosti in slabši rodovitnosti kmetijskih zemljišč. Poplave neposredno vplivajo na zmanjšane ali popolnoma uničene kmetijske pridelke, povečujejo stroške in vplivajo na slabšo gospodarnost pridelave. Poplave prizadenejo tudi kmetijske objekte, stroje in infrastrukturo ter povzročajo druge gospodarske škode.

Ker naša najkakovostnejša kmetijska zemljišča ležijo v ravnicah vodotokov, kjer so pogosto poplave, ki vplivajo na zmanjšano rodovitnost tal in otežujejo kmetijsko pridelavo, je ena od najučinkovitejših rešitev gradnja protipoplavnih nasipov, ki bi preprečevali poplavljanje kmetijskih in drugih površin, varovali premoženje ter preprečevali uničevanje tal.

Posledice neposrednih škod na kmetijskih zemljiščih so lahko znatne in imajo dolgoročne posledice na kakovost in rodovitnost kmetijskih zemljišč. Ker imamo v Sloveniji malo kmetijskih površin na prebivalca, je skrbno varovanje kmetijskih zemljišč, vzdrževanje njihove kakovosti in

ohranjanje njihovega pridelovalnega potenciala še pomembnejše. S tem si dolgoročno zagotavljamo tudi prehransko varnost. Rodovitna kmetijska zemljišča so osnova za pridelavo zdrave, lokalno pridelane in varne hrane za ljudi in krme za živali.

Viri

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2025. Posledice naravnih nesreč v kmetijstvu: https://www.gov.si/teme/posledice-naravnih-nesrec-v-kmetijstvu/

Žižek, E., Grčman, H., 2021. Erozija tal na kmetijskih zemljiščih v Sloveniji. Diplomsko delo, Biotehniška fakulteta UL, Oddelek za agronomijo, Ljubljana.

Resolucija o nacionalnem programu o strateških usmeritvah razvoja slovenskega kmetijstva in živilstva »Naša hrana, podeželje in naravni viri od leta 2021« (ReNPURSK), Uradni list RS, št. 8/20.

Rebernišek, A., Pribožič, P., Černe, M., 2024. Izgradnja suhih zadrževalnikov in posledice poplav na kmetijskih zemljiščih. Mišičevi vodarski dnevi 2024, KGZS Zavod Ptuj.



Objekt: Deževni vrt
Lokacija: Oddelek za okoljsko gradbeništvo, UL FGG
(Hajdrihova ulica 28, Ljubljana)
Foto: Matej Radinja



Objekt: Deževni vrt
Lokacija: Oddelek za okoljsko gradbeništvo, UL FGG
(Hajdrihova ulica 28, Ljubljana)
Foto: Matej Radinja

04

Modrozelena infrastruktura

VZPOSTAVITEV IN DELOVANJE ZADRŽEVALNO-PONIKOVALNEGA POLJA V PARKU TIVOLI, LJUBLJANA

asist. dr. Matej Radinja, mag. inž. ok. grad.,
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana

mag. Maja Štajdohar, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.,
JP VOKA SNAGA d.o.o., Vodovodna cesta 90, 1000 Ljubljana

Simona Viršek, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.,
JP VOKA SNAGA d.o.o., Vodovodna cesta 90, 1000 Ljubljana

Nataša Šušteršič, univ. dipl. inž. grad.,
JP VOKA SNAGA d.o.o., Vodovodna cesta 90, 1000 Ljubljana

mag. Joerg Prestor, univ. dipl. inž. geol.,
Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana

Simona Pestotnik, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.,
Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana

dr. Janja Svetina, mag. inž. geol.,
Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana

doc. dr. Darja Istenič, univ. dipl. biol.,
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana

asist. Shengnan Yang, MSc.,
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana

izr. prof. dr. Nataša Atanasova, univ. dipl. inž. grad.,
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana

Povzetek

V sklopu projekta MAURICE, Interreg-CE, je bilo v ljubljanskem parku Tivoli vzpostavljeno zadrževalno-ponikovalno polje. Gre za ponazoritveni (demonstracijski) primer, kjer so možne natančne in dolgoročne meritve dotoka, hitrosti ponikanja in odtoka padavinske vode. Polje se nahaja na območju srednje prepustnih tal in podtalja. Glavnino prispevnega območja polja predstavlja parkirišče za zaposlene s površino 770 m^2, iz katerega voda preko peskolovov, padavinske kanalizacije in lovilca olja doteka v polje. Celotni zadrževalni volumen polja znaša 30 m^3, kar omogoča zadržanje ekstremnega naliva s časom trajanja 20 minut in povratno dobo 50 let. Polje je sestavljeno iz nadzemnega dela z volumnom 13 m^3, ki ga lahko vidimo kot blago kotanjo ter podzemnega dela z volumnom 17 m^3. Voda po padavinski kanalizaciji doteka v vtočni jašek, od koder preko perforirane betonske cevi prehaja v zadrževalni prodni sloj od koder ponika v raščen teren oz. se odvaja v iztočni jašek, kjer lahko voda preko ostrorobega preliva odteče v kanalizacijo. V sklopu projekta MAURICE merimo iztok iz polja (prelivanje v kanalizacijo) ter količino padavin, ki služi za račun dotoka v polje. Dosedanje meritve delovanja v letu 2025 potrjujejo, da se voda v celoti infiltrira brez prelivanja v kanalizacijo.

Uvod

Prispevek predstavlja pilotno ureditev zadrževalno-ponikovalnega polja v parku Tivoli, izvedeno v okviru projekta MAURICE. Namen prispevka je prikazati uporabo trajnostnega pristopa k ravnanju s padavinsko vodo, preizkusiti delovanje modro-zelene infrastrukture na območju z omejeno prepustnostjo tal ter analizirati tehnične zahteve za priključevanje padavinske vode na javno kanalizacijo.

Projekt MAURICE

Projekt MAURICE – Management of urban water resources in Central Europe facing climate change, poteka v okviru programa Interreg Central Europe 2021–2027. Njegov glavni cilj je krepitev odpornosti mestnih območij na vplive podnebnih sprememb, s posebnim poudarkom na upravljanju padavinskih voda in varovanju kakovosti podzemne vode. Ključni cilji projekta vključujejo razvoj tehničnih meril in pristopov za zadrževanje ter ponikanje padavinskih voda v urbanih območjih, izboljšanje kakovosti podzemne vode z izrabo naravnih procesov redčenja in samočiščenja, vzpostavitev modelov za prostorsko načrtovanje in odločanje, ki vključujejo podatke o prepustnosti tal in hidrogeoloških značilnostih, spodbujanje izmenjave znanja in razvoj skupnih evropskih smernic za načrtovanje trajnostne urbane odvodnje, ter celovito krepitev odpornosti mestne hidrologije na ekstremne vremenske dogodke.

V sodobnih mestnih območjih, kjer prevladujejo neprepustne površine, tradicionalna odvodnja padavinskih voda v kanalizacijski sistem zmanjšuje količino vode, ki bi sicer naravno poniknila in s tem obnavljala vodonosnik. Posledično se zmanjšuje tudi naravno redčenje onesnaževal, kar neposredno vpliva na kakovost podzemne in pitne vode. V okviru funkcionalnega mestnega območja Ljubljana se projekt MAURICE osredotoča na razvoj in preizkušanje inovativnih pristopov za trajnostno ravnanje s padavinskimi vodami, ki omogočajo, da se čim večji delež padavin vrača v tla na mestu padavin. Ključno vodilo je, da vsak poseg v prostor obravnava padavinsko vodo znotraj lastnega zemljišča in s tem prispeva k ohranjanju naravnega vodnega kroga.

Na lokalni ravni je bila izvedena pilotna investicija v parku Tivoli (Ljubljana), kjer je zgrajeno zadrževalno-ponikovalno polje. Cilj te pilotne investicije je testirati, kako deluje tak objekt na slabše prepustnih tleh. Poleg tega smo želeli preveriti nekatere tehnične zahteve, ki jih v zvezi s priključevanjem padavinske odpadne vode na javno kanalizacijo pogojuje upravljavec kanalizacijskega sistema v Ljubljani in okolici. Lokacijo smo izbrali na območju parka Tivoli, kjer se koeficient prepustnosti tal giblje med 10^{-5} in 10^{-6} m/s, kar glede na različne standarde predstavlja mejno vrednost, ki še omogoča ureditev zadrževalnih sistemov s ponikalno funkcijo. Poleg tega je park Tivoli dobro obiskana lokacija, kar nam omogoča, da tak pristop k ravnanju s padavinsko vodo približamo ljudem in prikažemo pomen modro-zelene infrastrukture (MZI) za trajnostno upravljanje s padavinsko vodo v naseljih.

Ljubljanski pilotni primer ima pomembno transnacionalno vlogo znotraj projekta MAURICE, saj prikazuje, kako je mogoče tudi na območjih z manj ugodnimi hidrogeološkimi razmerami vzpostaviti učinkovite sisteme za ponikanje padavinskih voda. Pridobljeno znanje in rezultati bodo omogočili prenos rešitev v druga urbana območja srednje Evrope z različnimi podnebnimi in geološkimi pogoji, s čimer projekt prispeva k razvoju celostnih, podnebnim spremembam odpornih pristopov k upravljanju mestnih vodnih virov.

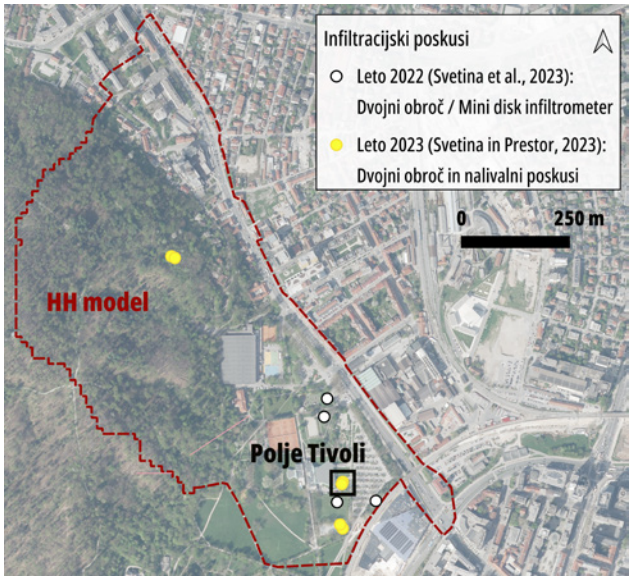
Raziskave raščenega terena

Geološka podlaga in značilnosti območja

Zadrževalno-ponikovalno polje se nahaja v vzhodnem delu Krajinskega parka Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib v Ljubljani. Območje leži na zahodnem robu vodonosnika Ljubljansko polje, ki je sestavljen pretežno iz aluvialnih nanosov karbonatnega proda z vmesnimi plastmi konglomerata *(Žlebnik, 1971)*. Nad savskim prodom se lokalno pojavljajo vrhnje plasti slabo prepustnih poplavno-zajezitvenih in jezerskih sedimentov, predvsem zaglinjenega grušča, gline in melja (Drobne in sod., 1997). Območje proti zahodu prehaja v *Šišenski hrib in Rožnik, ki* sestojita iz slabo prepustnega permokarbonskega glinastega skrilavca, peščenjaka in konglomerata (Premru, 1974). Med gradnjo zadrževalno-ponikovalnega polja je popis plitvega izkopa v vrhnjih 2,5 m razkril tudi prisotnost umetnega nasutja z bolj prepustno prodnato-peščeno frakcijo, ki prehaja v slabše prepustna naravna tla. Lokalno so možni pojavi plitve viseče gladine podzemne vode (Prestor in Svetina, 2021). Širše območje leži v vodovarstvenem območju vodonosnika Ljubljanskega polja, natančneje v podobmočju z milejšim vodovarstvenim režimom (VVO III A in VVO III B).

Meritve infiltracije

Za namen ocene prepustnosti tal so bili na širšem območju parka Tivoli izvedeni infiltracijski poskusi (Slika 1). Prve meritve so potekale leta 2022 (Svetina in sod., 2023), ko je bila prepustnost tal ocenjena na štirih lokacijah v parku Tivoli s pomočjo mini disk infiltrometra (Decagon Devices, 2021) in standardizirane metode z dvojnim obročem (ASTM, 2009). Leta 2023 so bile v okviru projekta MAURICE izvedene dodatne meritve infiltracije z dvojnim obročem v kombinaciji z nalivalnimi poskusi v izkopih prostornine približno 1 m^3 (Svetina in Prestor, 2023).



Slika 1: Lokacije izvedbe infiltracijskih poskusov.

Na območju testnega zadrževalno-ponikovalnega polja Tivoli sta bila v letu 2023 izvedena 2 infiltracijska poskusa z dvojnim obročem in en nalivalni poskus v izkopu prostornine približno 1 m^3 (Svetina in Prestor, 2023). Z infiltracijskimi poskusi z dvojnim obročem je bil testiran najbolj zgornji sloj tal (zgornjih 5 cm), kjer je bil povprečni koeficient prepustnosti določen na $1{,}22 \cdot 10^{-5}$ m/s (Tabela 1). Koeficient prepustnosti po metodi stalnega nalivanja v izkopu je bil ocenjen na $2{,}57 \cdot 10^{-5}$ m/s, koeficient prepustnosti po metodi trenutnega nalivanja pa na $7{,}94 \cdot 10^{-6}$ m/s. Izmed izračunov na podlagi nalivalnega testa kot bolj reprezentativno vrednost smatramo koeficient prepustnosti, dobljen iz nestacionarne metode trenutnega nalivanja (spremljanje padca gladine vode), saj smo pri stalnem nalivanju konstantno višino vodnega stolpca v vseh izkopih držali le nekaj minut. To pomeni, da je bil koeficient prepustnosti izračunan iz začetnega dela poskusa, kjer zemljina morda še ni bila popolnoma zasičena.

Dodatno smo koeficient prepustnosti določili še iz zrnavostne sestave tal na podlagi USBR metode. Analize zrnavostne sestave kažejo, da tla na mestu izkopa do globine 2,5 m sestavljajo slabo do srednje sortirani nanosi peščenega proda in meljastega peska. Koeficient prepustnosti izračunan po metodi USBR se giba med $7{,}8 \cdot 10^{-3}$ do $9{,}0 \cdot 10^{-8}$ m/s (Tabela 1). Pri tem je z nižjo vrednostjo koeficienta prepustnosti značilno izstopal vzorec, odvzet na globini 1,6-2,0 m, kjer se je značilno pojavila meljasta in glinasta komponenta.

Na podlagi meritev in analiz smo ugotovili, da prihaja do pomembnih razlik v oceni koeficienta prepustnosti po različnih metodah. Terenske metode, kot so infiltracijski testi z dvojnim obročem ali nalivalni poskusi, merijo dejanski koeficient pre-

Tabela 1: Koeficient prepustnosti določen z infiltracijskimi poskusi in analizo zrnavostne sestave na območju izkopa zadrževalno-ponikovalnega polja Tivoli.

Eksperimentalna metoda	K (m/s)
Infiltrometer dvojni obroč	$\approx 1{,}22 \cdot 10^{-5}$
Nalivalni poskus: stalno nalivanje	$2{,}57 \cdot 10^{-5}$
Nalivalni poskus: trenutno nalivanje	$7{,}94 \cdot 10^{-6}$
Analize zrnavostne sestave 6 vzorcev v izkopu do globine 2,5 m (razpon K določen po USBR metodi)	$7{,}8 \cdot 10^{-3}$ - $9{,}0 \cdot 10^{-8}$

pustnosti tal v naravnih pogojih, kjer pomembno vlogo igrajo zbitost tal, struktura in poroznost, prisotnost preferenčnih poti, razpok, zapolnitve por z glino ali organsko snovjo ter heterogenost sedimenta. Nasprotno pa empirične metode, kot je npr. USBR metoda, ocenjujejo teoretično prepustnost na podlagi porazdelitve velikosti zrn, pri čemer ne upoštevajo dejanskega stanja zbitosti ali strukture tal na terenu. Ker je bilo zadrževalno-ponikovalno polje načrtovano kot testno in ker so posegi v parku strogo omejeni, ni bilo posebne potrebe, da bi za končno odločitev o izvedbi polja ponovili nalivalne poskuse. Dejanska prepustnost bo ugotovljena z meritvami, ki se izvajajo na testnem polju. Še posebej je to pomembno za spremljanje morebitnih sprememb v ponikalni sposobnosti od izgradnje, v času konsolidacije po izgradnji in v času obratovanja.

Načrtovanje in gradnja zadrževalno-ponikovalnega polja

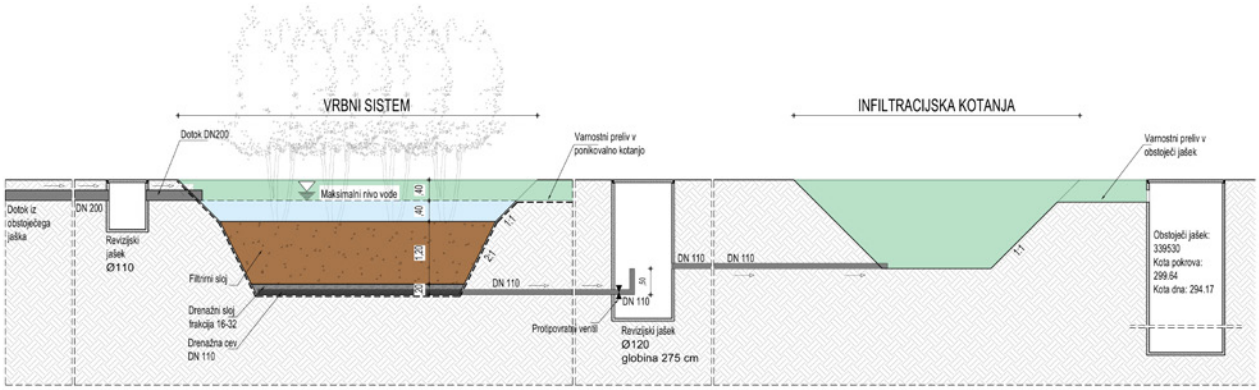
Od idejnega projekta do projekta za izvedbo

Obravnavano območje se nahaja na območju zunanjih površin Kopališča Tivoli. Testno polje smo predvideli na zelenici, ki se nahaja med kopališčem in Jakopičevem sprehajališčem, namenjeno pa naj bi bilo ponikanju padavinske odpadne vode, ki odteka iz parkirišče ob kopališču in je namenjeno parkiranju zaposlenih. Prispevna površina parkirišča in dovozne poti znaša cca. 770 m^2, manjši del predstavlja tudi zelenica ob kopališču s površino cca. 170 m^2.

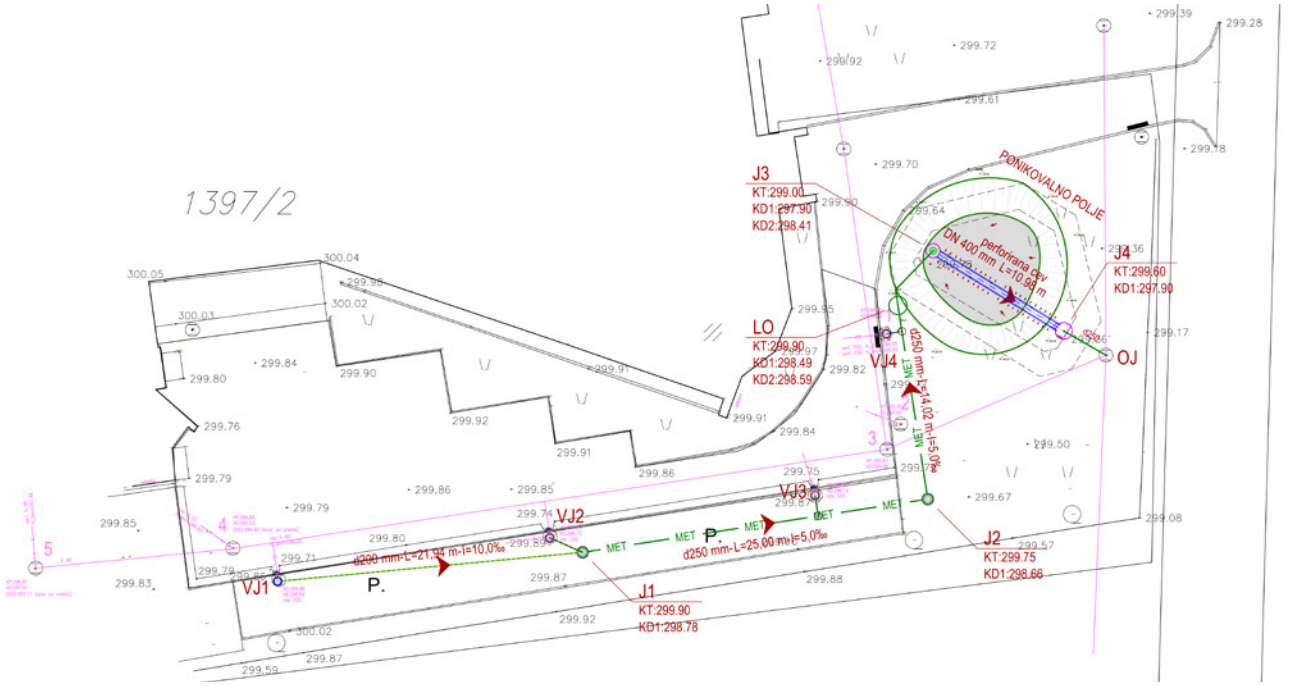
Da bi objekt čim bolje prilagodili lokalnim naravnim razmeram na območju, še posebej dejstvu, da so tla na obravnavanem območju slabše prepustna in da je v povprečju v Ljubljani letna količina padavin razmeroma visoka, je bilo polje sprva zasnovano kot ponikovalno polje z vrbnim sistemom (Slika 2). S tem sistemom lahko tudi zelo učinkovito odstranimo določena onesnaževala, ki se nahajajo v padavinski vodi, ki odteka iz parkirišč (Istenič in Božič, 2021). V osnovi je bilo polje zasnovano iz dveh objektov. Padavinska odpadna voda bi se najprej zbrala v vrbnem sistemu, kjer bi se prečistila, delno pa izhlapela v ozračje preko evapotranspiracije, očiščena voda pa bi preko drenaže odtekla v infiltracijsko kotanjo, kjer bi poniknila v podtalje. Ob ekstremnih nalivih pa bi se višek vode najprej prelil preko varnostnega preliva iz vrbnega sistema v infiltracijsko kotanjo, če bi se tudi ta napolnila, pa bi sledilo odtekanje preko varnostnega preliva v javni kanalizacijski sistem.

Na podlagi idejne zasnove je bila nato izdelana projektna dokumentacija za pridobitev projektnih in drugih pogojev (DPP). Zaradi pogojev Zavoda za varstvo narave, vrbnega sistema nismo mogli urediti, zato smo morali zasnovo testnega polja spremeniti. V nadaljevanju smo na osnovi izhodišč podanih v projektnih pogojih s strani podjetja PNZ d.o.o. pridobili študijo izvedbe testnega ponikovalnega polja, ki je predstavljala osnovo za izdelavo projekta za izvedbo (PZI). V tej študiji je bilo skladno s projektnimi pogoji zasnovano testno polje, kot zatravljena ponikovalna kotanja z blagimi nakloni brežin.
Padavinska odpadna voda, ki odteka iz prispevnega območja parkirišča za zaposlene, se priključuje na nov padavinski kanal dimenzije DN 200, ki poteka vzdolž parkirnih mest proti vzhodu do zelenice med kopališčem in Jakopičevim drevoredom. Kanal nato zavije proti severu in se preko čistilnega objekta, ki ima funkcijo usedalnika in lovilca olj, ter ima normiran pretok 3 L/s in obvod 30 L/s, se nato naveže na ponikovalno polje v zelenici pred kopališčem (Slika 3).

Ponikovalni objekt je zasnovan z nadzemnim in podzemnim delom. Nadzemni del je oblikovan kot



Slika 2: Shematski prerez tesnega ponikovalnega polja z vrbnim sistemov (Atanasova, 2023)



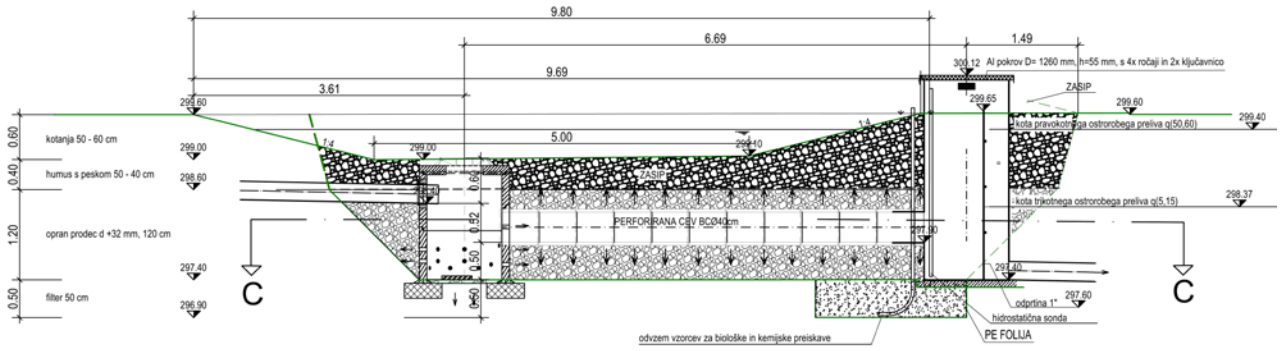
Slika 3: Situacija ureditve zadrževalno-ponikovalnega polja ob Kopališču Tivoli, Ljubljana (PNZ, 2024)

plitka travna kotanja, ki je globoka med 0,5 in 0,6 m (Slika 4). Radij kotanje na dnu meri 2,50 m zgoraj pa 4,90 m. V najnižjem delu kotanje je viden le litoželezni pokrov vtočnega jaška, ki služi za prehod vode iz podzemnega v nadzemni del ponikovalnega polja in obratno.

Podzemni del ponikovalnega polja je zasnovan kot pravokotna jama z dimenzijami dna 3,50 m x 7,30 m. Iz vtočnega jaška izhaja v podzemni del perforirana betonska cev, ki je obdana s pranim prodcem frakcije 32 mm (višina sloja 120 cm). Pod tem slojem se na manjši površini nahaja še



Slika 4: Izgled zadrževalno-ponikovalnega polja štiri mesece po izgradnji. Desno spodaj iztočni/merilni jašek ter zabojnik z vzorčevalnikom.



Slika 5: Vzdolžni prerez zadrževalno-ponikovalnega polja (PNZ, 2024)

filtrski sloj, ki vsebuje 33% zeolita in je namenjen testiranju učinkovitosti tega materiala pri čiščenju padavinske odpadne vode. Za potrebe odvzema vzorcev vode tako iz filtrskega sloja z zeolitom kot tudi iz sloja, ki ga sestavlja prani prodec, smo namestili dve cevki, ki sta nameščeni ob iztočnem jašku (Slika 5).

Karakteristični nalivi

Voda iz vstopnega jaška, ki hkrati služi kot usedalnik, odteka po perforirani betonski cevi. Od tu pronica v sloj pranega prodca in ponika v okoliško zemljino. Ko se zemljina in prodec zasitita, voda odteka naprej do iztočnega jaška, ki je opremljen s senzorjem nivoja. V jašku je nameščena tudi pločevinasta stena, ki ima urejene tri iztočne odprtine (Slika 6):

- Na koti 297,60 m n.v., na višini 20 cm od iztoka, luknja za vodovodno spojko 1‘‘, z možnostjo enostavnega zapiranja;
- Na koti 298,37 m n.v. je trikotni preliv z odprtino B/H = 30/25 cm, spodnji rob preliva je 97 cm nad dnom jaška;
- Na koti 299,40 m n.v. je na vrhu stene pravokotni prelivni rob z dimenzijami B/H = 30/25 cm, spodnji rob preliva je 200 cm nad dnom jaška. Na koti 299,65 je vrh prelivne stene.

Spodnja in sredinska odprtina sta opremljeni s pokrovoma, ki ju je po potrebi mogoče odpreti ali zapreti. Na ta način lahko preverjamo obnašanje ponikovalnega polja pri različnih globinah iztoka iz polja. Preliv na vrhu stene je nameščen na takšni višini, da pri zaprti sredinski odprtini in pri nalivu s povratno dobo 50 let in časom trajanja 20 minut, ki ima intenziteto 316,66 L/s·ha, še ne pride do prelivanja preko preliva. Sredinska odprtina je nameščena na takšni višini, da se začne voda preko nje prelivati pri nalivu s povratno dobo 5 let in časom trajanja 15 minut, ki ima intenziteto 233,33 L/s·ha.



Slika 6: Iztočni jašek iz polja s pločevinasto steno, z iztokom v dnu ter dvema ostrorobima prelivoma na različnih višinah.

V standardu DWA-138E je navedeno, da številni upravljavci kanalizacijskih sistemov dovoljujejo iztok iz zadrževalno-ponikovalnih objektov v velikosti 3 L/s·ha prispevne površine. Podobne omejitve so že uvedli v številnih evropskih državah, med drugim na Češkem in v Franciji. V Nemčiji pa velja podoben pogoj, ki dopušča iztok iz takih objektov do 10 L/s·ha utrjenih površin.

V našem primeru bi torej glede na celotno prispevno površino, ki vključno s kotanjo znaša 1064 m^2 oz. 670 m^2 ob upoštevanju koeficientov odtoka, in z upoštevanjem zgornjih določil, lahko dopustili iztok iz ponikovalnega polja velikosti 0,2 L/s. To bi ustrezalo premeru cevi cca. 9 mm, kar pa je tehnično težko izvedljivo, saj bi v tem primeru lahko prišlo do pogostih zamašitev odprtine. Zato smo se odločili, da bomo preverili delovanje polja, ki ima izpust v dnu urejen z odprtino premera 1 cola (25,4 mm). Tak iztok omogoča, da se objekt med dvema padavinskima dogodkoma izprazni brez

potrebe po prečrpavanju vode v sušnem obdobju. Hkrati pa je odprtina dovolj majhna, da v času naliva ne povzroča bistvenih obremenitev kanalizacijskega sistema.

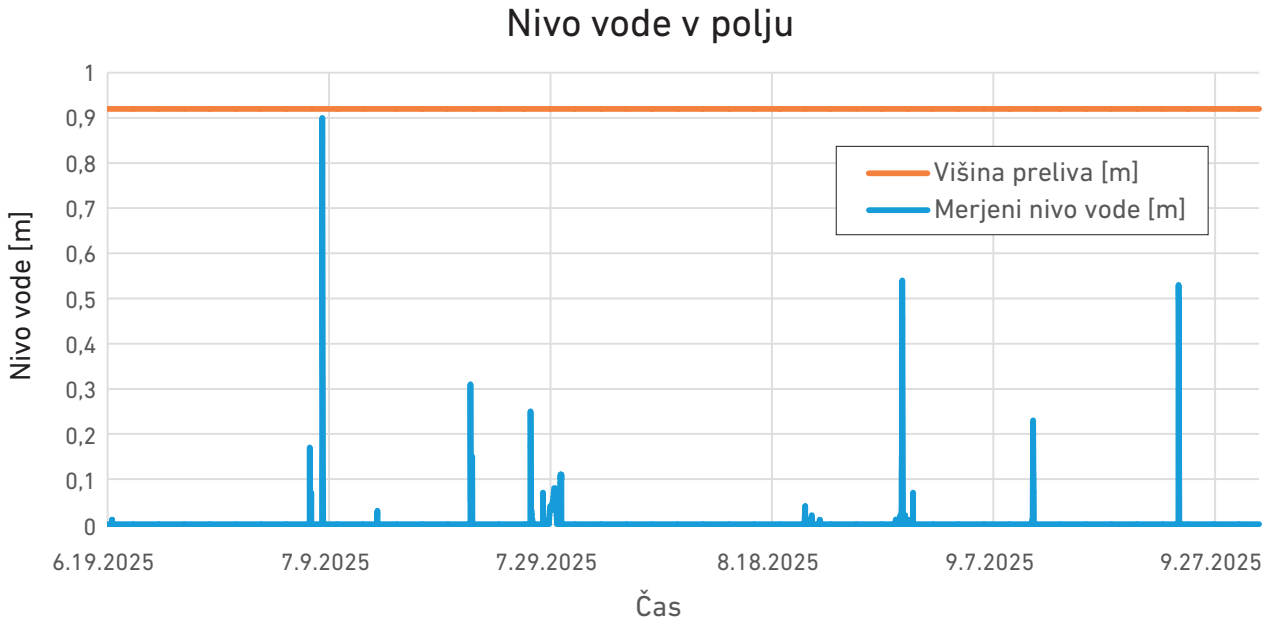
Delovanje zadrževalno-ponikovalnega polja

Rezultati meritev nivoja vode v zadrževalno-ponikovalnem polju

Za analizo delovanja polja smo imeli na razpolago meritve hidrostatskega tlaka v obdobju od 19.6.2025 do 30.9.2025. Hidrostatska sonda je umeščena 5 cm nad dnom iztočnega jaška, tikotni preliv pa 97 cm nad njegovim dnom. Prelivanje preko trikotnega preliva torej nastopi pri višini 92 cm nad hidrostatsko sondo. Najvišja izmerjena višina nivoja vode je bila dosežena 8. 7. 2025 ob 09:15 in je znašala 90 cm (Slika 7). Torej se v opazovanem obdobju padavinska voda nikoli ni prelila v kanalizacijski sistem in se je v celoti zadržala in infiltrirala v raščen teren.

Ocena odtoka iz parkirišča na podlagi padavin

V programu EPA-SWMM (Rossman, 2015) smo vzpostavili hidrološki model obravnavanega območja. Podobmočja so razdeljena glede na eno-



Slika 7: Merjeni nivo vode v zadrževalno-ponikovalnem polju v obdobju med 19.6.2025 – 30.9.2025.



Slika 8: Prikaz obravnavanega območja v hidrološko-hidravličnem modelu EPA-SWMM.

Tabela 2: Vodna bilanca območja v obdobju med 19.6.2025 – 30.9.2025 (del odtoka iz prepustnih površin najprej odteče na neprepustne površine znotraj podobmočja, preden prispevajo k odtoku iz celotnega podobmočja, zato je seštevek odtoka iz neprepustnih in prepustnih površin večji od skupnega površinskega odtoka.

Podobmočje	Infiltracija	Površinski odtok – neprepustne površine	Površinski odtok – prepustne površine	Skupni površinski odtok	Maks. pretok	Dotok iz prispevnih površin
	[m^3]	[m^3]	[m^3]	[m^3]	[l/s]	[m^3]
S1 – zelenica	39	0	41	41	2.1	
S2 – asfaltirano parkirišče in dovozna pot	16	206	26	231	15.9	
S3 – parkirišče s travnimi rešetkami	14	61	101	101	5.6	
S4 – zadrževalno-ponikovalno polje	386	0	0	0	0	374
Skupaj:	455	267	169*	374		

lično rabo prostora: S1 – zelenica, S2 – asfaltirano parkirišče in dovozna pot, S3 – parkirišče s travnimi rešetkami, S4 – zadrževalno-ponikovalno polje (Slika 8).

Zadrževalno-ponikovalno polje lahko v hidrološko-hidravličnem modelu EPA-SWMM (Rossman, 2015) prikažemo z infiltracijskim jarkom (angl. infiltration trench). Element je sestavljen iz površinskega sloga in zadrževalnega oz. poroznega sloja. Dotok iz prispevnih površin se vrši neposredno v površinski sloj, zato ni možno prikazati dotoka po cevi. Element ima enotno površino po celotni vertikali, saj model ne omogoča vnosa kompleksnih oblik, kot je obod polja v naklonu. Odtok iz elementa se vrši preko infiltracije iz zadrževalnega sloja v raščen teren, preko drenažne cevi ali površinskega odtoka preko varnostnega preliva iz površinskega sloja.

V nadaljevanju so podane karakteristike zadrževalno-ponikovalnega polja, ki so bile uporabljene za simulacijo v hidrološko-hidravličnem modelu EPA-SWMM:

- površina po celotni vertikali: 25,55 m^2 (3,5 m x 7,3 m),
- celotna višina: 1,7 m,
- nadzemni del: višina 0,5 m, volumen 12,7 m^3,
- zadrževalni sloj: višina 1,2 m, volumen (poroznost 33%) 10,1 m^3,
- koeficient zasičene hidravlične prevodnosti zemljine ($K_{f\text{-}tla}$/2): 14,3 mm/h, izmerjeno z nalivalnim preizkusom zemljine na globini 1 m na lokaciji pilotnega območja.

Podatke o padavinah smo pridobili iz dežemerov na UL FGG, Hajdrihova ulica 28, ki se nahaja 1700 m JZ od zadrževalno-ponikovalnega polja. V obravnavanem obdobju je bilo izmerjenih 473,2 mm padavin. Na podlagi merjenih padavin smo z modelom ocenili dotok iz prispevnih površin v zadrževalno-ponikovalno polje (Tabela 2). Skupno je polje prestreglo 374 m^3 odtoka iz prispevnih površin in infiltriralo 386 m^3 (prištete neposredne padavine na polje). Razliko do celotne količine padavin (455 m^3) predstavlja infiltracija znotraj prispevnih površin (S1 – S3).

Zaključek

Pilotna ureditev zadrževalno-ponikovalnega polja v parku Tivoli je pokazala, da je mogoče tudi na območjih z omejeno prepustnostjo tal vzpostaviti učinkovite sisteme za trajnostno upravljanje padavinskih voda. Dosedanji rezultati meritev v letu 2025 potrjujejo, da se voda v celoti infiltrira brez prelivanja v kanalizacijo, kar potrjuje ustreznost zasnove objekta. Uporaba kombinacije nadzemnega in podzemnega dela ter filtrskega sloja z zeolitom omogoča zadrževanje in čiščenje padavinske odpadne vode ter zmanjšuje obremenitev kanalizacijskega sistema. Projekt MAURICE s tem prispeva k razvoju modro-zelene infrastrukture, ki krepi odpornost mestnih območij na vplive podnebnih sprememb. Pridobljene izkušnje so pomembne za pripravo smernic in prenos znanja v druga urbana okolja srednje Evrope, kjer so hidrogeološke razmere podobno zahtevne. Nadaljnje spremljanje delovanja polja bo omogočilo oceno dolgoročnih učinkov in optimizacijo tehničnih rešitev za trajnostno urbano odvodnjo.

Viri

Atanasova, N., Radinja, M., Istenič, D., 2023. Študija: Dimenzioniranje in monitoring testnega ponikovalnega polja v Tivoliju, Faza 1: Dimenzioniranje testnega ponikovalnega polja. COBISS.SI-ID: 220294915.

ASTM, 2009. Standard D3385-09; Standard Test Method for Infiltration Rate of Soils in Field Using Double-Ring Infiltrometer. ASTM: West Conshohocken, PA, USA.

Decagon Devices, 2021. METER Group Mini Disk Infiltrometer—User's Manual; Decagon Devices Inc.: Pullman, WA, USA, 2021

Drobne, F., Mencej, Z., Brilly, M., 1997. Preveritve in dopolnitve strokovnih osnov za določitev varstvenih pasov sedanjih in perspektivnih vodnih virov za območje mesta Ljubljane in okolice. Tolmač h kartam zaščitenih območij vodnih virov. Ljubljana, Geološki zavod Slovenije.

Istenič, D., Božič, G., 2021. Short-rotation willows as a wastewater treatment plant: biomass production and the fate of macronutrients and metals. Forests, 12(5), 1-21. DOI: 10.3390/f12050554.

PNZ, 2024. Študija izvedbe testnega ponikovalnega polja Tivoli. Št. PZI načrta: 23_1150.

Premru, U., 1974. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000 list Ljubljana. Geologija 1974, 17, 497–499.

Prestor, J., Svetina, J., 2020. Obravnava talnih vod pri načrtovanju posegov in gradnje v podzemnih etažah na območju MOL. Ljubljana, Geološki zavod Slovenije.

Rossman, L.A., 2015. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1, United States Environ. Prot. Agency 353. https://doi.org/PNR61

Svetina, J., Prestor, J., Šraj, M., 2023. Infiltration Measurements during Dry Conditions in an Urban Park in Ljubljana, Slovenia. Water 2023, 15, 3635. https://doi.org/10.3390/ w15203635

Svetina, J., Prestor, J., 2023. Implementation of infiltration tests. Phase report for project MAURICE (Interreg, Central Europe), Version 1. Geological Survey of Slovenia, Ljubljana

Žlebnik, L., 1971. Pleistocen Kranjskega, Sorškega in Ljubljanskega polja. Geologija 1971, 14, 5–51.

CELOSTNI PRISTOP K VKLJUČEVANJU MODRO-ZELENE INFRASTRUKTURE ZA ZMANJŠEVANJE URBANIH POPLAV: ORODJE ZA OCENO RANLJIVOSTI IN NAČRTOVANJE UKREPOV

dr. Nataša Sirnik, univ. dipl. inž. grad.,
IMZI – Inštitut za modro-zeleno infrastrukturo, Vinje pri Moravčah 1, 1251 Moravče

Kristina Klemen, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.,
IMZI – Inštitut za modro-zeleno infrastrukturo, Vinje pri Moravčah 1, 1251 Moravče

Petra Pergar, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.,
FGG – Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana

Povzetek

Študija predstavlja celosten postopek za oceno tveganja pred poplavami, ki vključuje tudi oceno učinkovitosti modro-zelene infrastrukture (MZI) kot strategije za blažitev posledic podnebnih sprememb. Predlagana metodologija je bila razvita v okviru projektov BULDSPACE in CLIMRES ter zajema tri ključne sestavine: (i) prostorsko oceno poplavne ogroženosti, ki temelji na arhivskih in senzorskih podatkih, modeliranju odtoka in kartiranju kritičnih območij, (ii) taktično načrtovanje upravljanja poplav z možnostjo upoštevanja scenarijev z ukrepi MZI in (iii) priporočila za mestna okolja, usmerjena v povečanje odpornosti na poplave. Postopek vključuje identifikacijo območij, ki so posebej ogrožena zaradi poplav, ukrepe za zaščito prebivalcev in objektov, uporabo projekcij podnebnih sprememb, zbiranje podatkov in vključevanje možnih ukrepov MZI. Cilj je zagotoviti jasne in uporabne informacije deležnikom na ravni mestnih četrti in posameznih stavb. Dve pilotni študiji – Ljubljana (Slovenija) in Senigallia (Italija) – prikazujeta uporabo tega pristopa v različnih urbanih okoljih z različnimi okoljskimi izzivi. Izvedba v pilotnih mestih prinaša pomembne vpoglede v integracijo MZI v upravljanje s poplavami, pomen sprotne obdelave podatkov in potrebo po uporabniku prijaznih orodjih za podporo odločanju, namenjenih raziskovalcem, urbanistom in oblikovalcem smernic.

Uvod

V prispevku opisujemo aplikacijo za urbane poplave, ki je bila razvita v okviru projektov BUILDSPACE in CLIMRES. Cilj aplikacije je podati oceno učinka zadrževanja padavinskih voda s pomočjo MZI ter tako podpreti ciljno usmerjeno načrtovanje ukrepov, vključevanje MZI v strateške načrte in povečanje odpornosti urbanih območij na podnebne spremembe.

Izzivi upravljanja urbanih poplav

Urbane poplave so rezultat kompleksne interakcije med naravnimi dejavniki (padavine, topografija, prepustnost tal) in človekovimi vplivi (urbanizacija, neprepustne površine, kanalizacijski sistemi). V številnih evropskih mestih, tudi v Ljubljani in drugod po Sloveniji, obstoječa kanalizacijska infrastruktura ni bila zasnovana za ekstremne vremenske dogodke, kar vodi do lokalnih poplavnih dogodkov, poškodb infrastrukture in ogroženosti prebivalstva. Reševanje te problematike zahteva celovit pristop, ki vključuje prostorsko načrtovanje, uporabo primernih orodij za simulacijo in predvidevanje poplav ter izvedbo ustreznih rešitev odvodnjavanja padavinskih vod.

Dokazano je, da podnebne spremembe povečujejo pogostost in intenzivnost ekstremnih poplav v urbanih območjih [1]. To povzroča potrebo po hitrem in dobro usklajenem odzivu občin, načrtovalcev in drugih relevantnih zainteresiranih strani, vključno s prebivalci ogroženih območij [2], [3]. Kot podajajo raziskovalci in Evropska agencija za okolje [3], [4], se dejavniki, ki vplivajo na poplavno tveganje v urbanih območjih, lahko razvrstijo v naslednje kategorije: (i) poplavna nevarnost in širjenje poplav, ki sta odvisna od lege urbanega območja in vrste poplavne nesreče (npr. rečne poplave, padavinske poplave, obalne poplave); (ii) fizična ranljivost, ki vključuje značilnosti grajenega okolja in njegovo infrastrukturo; (iii) izpostavljenost in socialna ranljivost, ki se nanašata na prebivalstvo in vrednost premoženja, na katerega lahko vplivajo posledice poplav, ter vključujeta tudi značilnosti posameznega ogroženega uporabnika in odziv prebivalstva v primeru nesreče.

Metode in orodja za oceno poplavne nevarnosti morajo upoštevati kompleksnost medsebojnega delovanja teh dejavnikov na različnih ravneh (npr. stavbe, infrastruktura, odprti prostori, skupnost) [5]. Za zaščito pred poplavami se v urbanih območjih lahko izvajajo različni gradbeni in negradbeni ukrepi, katerih namen je zmanjšanje poplavnega tveganja z blažitvijo učinkov ekstremnih dogodkov na grajeno okolje in njegove uporabnike [6] [7] [8]. Gradbeni posegi predstavljajo inženirske posege, ki prispevajo k zmanjšanju obsega poplav in zaščiti urbanih območij. Negradbeni posegi pa ne vključujejo fizičnih posegov v prostor, temveč so usmerjeni v izobraževanje, ozaveščanje, pripravljenost na izredne razmere ter odziv ob izrednih dogodkih, pri tem pa je pomembno tudi usklajevanje med deležniki, kar lahko vpliva na grajeno okolje preko prostorskega načrtovanja. Gradbeni posegi imajo torej neposredni vpliv na zmanjšanje obsega poplav, v kombinaciji z negradbenimi posegi pa lahko dodatno bistveno izboljšamo odpornost okolja na poplave [4].

Ukrepi MZI za zmanjšanje obsega urbanih poplav

Med gradbenimi posegi se MZI pojavlja kot rešitev za povečanje odpornosti urbanih območij in blažitev posledic podnebnih sprememb. Cilj implementacije MZI je ustvariti bolj naraven odziv okolja na poplave, s čimer se hidravlični odzivi grajenega okolja približajo stanju v času pred urbanizacijo na tem območju [9]. Dokazano je, da je ustrezna ozelenitev urbanih območij pogosto učinkovita strategija za ublažitev vpliva urbanizacije na vodni krog [10]. Primeri iz prakse kažejo, da ima MZI ključno vlogo pri zmanjšanju poplavne škode, in sicer preko: (i) zmanjšanja količine meteorne vode na kritičnih območjih; (ii) zmanjšanja hitrosti pretoka vode na poplavljenih območjih; in (iii) počevanja zmožnosti retenzije prostora za vodo [8]. MZI torej prinaša številne koristi za vodni krog v mestih in ekosistemske storitve, ki so s tem povezane. Kljub temu pa je učinkovitost MZI pogosto težko izmeriti, saj je odvisna od številnih dejavnikov.

Za določitev vpliva MZI na obseg poplav lahko uporabimo poenostavljene modele na ravni mesta, ki temeljijo na kartiranju kritičnih območij, pri tem pa je potrebno upoštevati odpornost stavb na poplave z in brez upoštevanja MZI. Z ustrezno analizo je mogoče identificirati območja, ki so zaradi morfologije zemljišč in lastnosti mikrolokacije najbolj dovzetna za poplave [11]. Lokalno znanje o poplavno ogroženih območjih ali preteklih poplavah se prav tako lahko vključi v modele, npr. preko kartiranja preteklih poplavnih dogodkov na območjih; pri tem lahko sodelujejo upravljalci prizadete infrastrukture, prebivalci ogroženih območij in civilna zaščita ter drugi zainteresirani posamezniki [11]. Pri tem pa si je potrebno prizadevati za pospešitev procesa ocene poplavne nevarnosti iz celostne perspektive in vključitev proaktivne analize učinkovitosti strategij za zmanjševanje tveganja. Pomembno je upoštevati tudi možnosti implementacije MZI kot ustreznih protipoplavnih ukrepov. Za ta namen je potrebno poleg že uveljavljenih konceptov preučiti tudi primere uporabe ter pri tem upoštevati tako mnenja odločevalcev, kot tudi končnih uporabnikov prostora.

Aplikacija za urbane poplave, ki upošteva ukrepe MZI

V okviru projektov BUILDSPACE in CLIMRES, financirana iz sklada EU Horizon Europe, skupaj s partnerji iz tujine razvijamo aplikacijo za povečanje odpornosti na urbane poplave na pilotnem območje Ljubljane. Cilj je razviti orodje, ki podpira napredne strategije odpornosti mest na poplave, pri čemer vključuje tudi možnosti implementacije ukrepov MZI. Aplikacija je namenjena podpori lokalnim oblastem in urbanistom pri načrtovanju in vrednotenju ukrepov za zmanjševanje ranljivosti na urbane poplave. Temelji na povezovanju različnih virov prostorskih in vremenskih podatkov ter uporabi modeliranja za napovedovanje odziva urbanega območja na različne scenarije ekstremnih padavin. Orodje bo v pomoč odločevalcem na ravni mesta pri identificiranju ranljivih območij in ocenjevanju učinkovitosti različnih ukrepov MZI. Na ravni stavb bo identifikacija ranljivih območij omogočila določitev prednostnih ukrepov in priporočil za prilagajanje podnebnim spremembam ter načrtovanje ustreznih ukrepov.

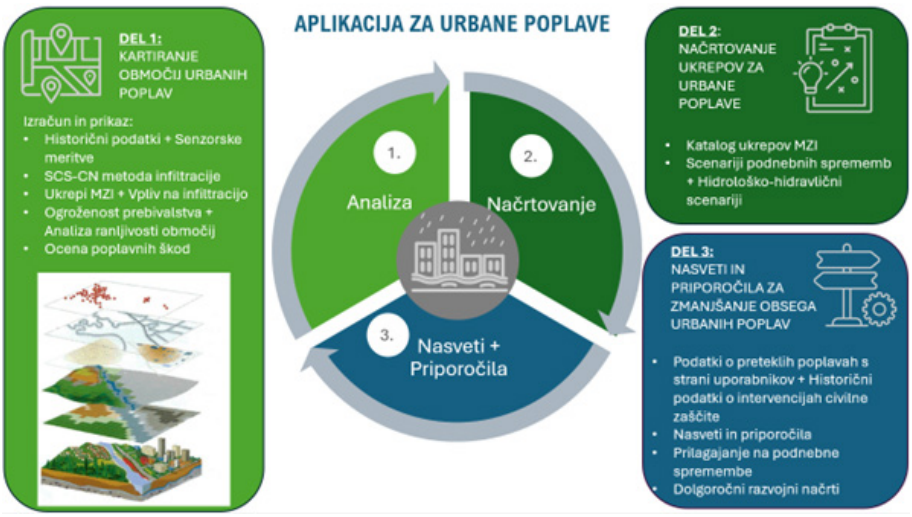
Poleg aplikacije za urbane poplave se v okviru projektov BUIDSPACE in CLIMRES kot del celostnega prilagajanja na podnebne spremembe na pilotnih območjih v drugih državah razvijajo tudi aplikacije za zaščito pred požari, potresi in vročinskimi valovi.

Celostna metodologija za upravljanje poplav

Aplikacija za urbane poplave vsebuje 3 dele, ki so prikazani na **Sliki 1**: (i) prostorsko oceno poplavne ogroženosti, ki temelji na arhivskih in senzorskih podatkih, modeliranju odtoka in kartiranju kritičnih območij, (ii) taktično načrtovanje upravljanja poplav z možnostjo upoštevanja scenarijev z ukrepi MZI in (iii) priporočila za mestna okolja, usmerjena v povečanje odpornosti na poplave.

Prvi del aplikacije za urbane poplave je namenjen določanju poplavno ogroženih območij zaradi rečnih in padavinskih poplav. Omogoča naslednje fukcionalnosti in podatke:
- uporaba že naloženih kart rečnih poplav za različne povratne dobe,
- podatkovne knjižnice in podatke meritev, ki se izvajajo na pilotnih območjih,
- rezultate hidrološko-hidravličnega modeliranja površinskega odtoka v primeru padavinskih poplav,
- analizo sposobnosti infiltracije stavbe z okolico in površinskega odtoka z območja na podlagi metode SCS-CN (v prihodnjih mesecih bo aplikacija nadgrajena z možnostjo uporabe Hortonove metode infiltracije),
- možnost upoštevanja ukrepov MZI in njihovega vpliva na površinski odtok,
- dinamično oceno ogroženosti prebivalcev na ravni posameznih stavb,
- analizo poplavnih škod na podlagi nacionalne metode ocene [12] (v nadaljevanju projekta CLIMRES bo metoda nadgrajena tudi z upoštevanjem ekonomike ukrepov MZI).

Drugi del aplikacije za urbane poplave je namenjen načrtovanju implementacije MZI in drugih vrst protipoplavnih ukrepov na urbanih območjih. Vsebuje naslednje fukcionalnosti in podatke:
- katalog modro-zelenih ukrepov, ki jih lahko implementiramo za zmanjšanje ogroženosti pred poplavami,
- različne scenarije podnebnih sprememb, ki se upoštevajo pri določanju obsega poplav,
- vnaprej izračunane karte poplavne ogroženosti za padavinske poplave na pilotnih območjih.



Slika 1: Aplikacija za urbane poplave sestoji iz 3 delov, ki so ključni za celostno upravljanje urbanih poplav: (i) kartiranje območij urbanih poplav, (ii) načrtovanje ukrepov za urbane poplave in (iii) nasveti in priporočila za zmanjšanje obsega urbanih poplav.

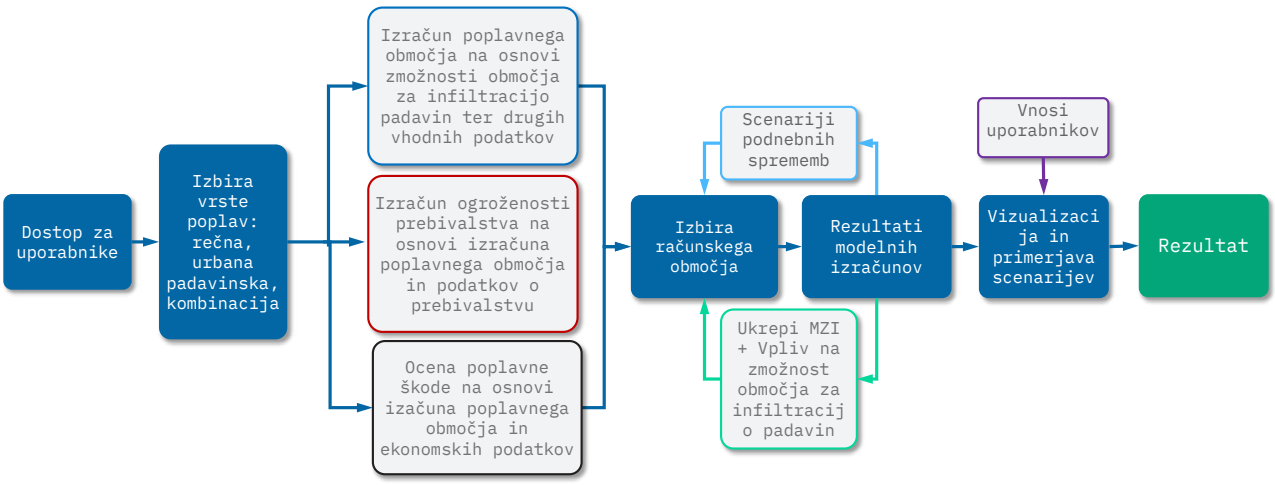
Tretji del aplikacije za urbane poplave je namenjen implementaciji sodobnih smernic trajnostnega prilagajanja na podnebne spremembe ter svetovanju končnim uporabnikom. Vsebuje naslednje funkcionalnosti in podatke:

- vnos podatkov s strani uporabnikov: uporabniki prostora lahko vnesejo historične podatke o stopnji poplavljenosti posameznih območij in stavb,
- vnos historičnih podatkov o intervencijah gasilcev na ravni območij in posameznih stavb,
- predlogi za uporabnike prostora in druge ciljne skupine glede možnosti prilagajanja na podnebne spremembe na ravni območij in stavb,
- upoštevanje scenarijev podnebnih sprememb pri načrtovanju prilagajanja na podnebne spremembe,
- srednje- in dolgoročno načrtovanje protipoplavnih ukrepov v prostoru.

V prvem delu se rezultati hidrološko-hidravličnih modelov uporabijo za identifikacijo območij, ki so najbolj izpostavljena poplavam. Izračun temelji na različnih virih podatkov, vključno z evropskimi satelitskimi podatki, zgodovinskimi podatki in podatki senzorjev, kot so: Urban Atlas Cover, podatki o pokritosti tal, urbanistični načrti, katastri stavb, meteorološki podatki, zgodovinski poplavni dogodki s statistično analizo in podatki o neprepustnosti. Poleg tega so vključeni scenariji podnebnih sprememb, ki prilagajajo meteorološke podatke, da odražajo pričakovane spremembe do konca 21. stoletja. V tej fazi se ocenijo različni ukrepi MZI, ki ponujajo možne rešitve za zmanjšanje poplavne nevarnosti. Nazadnje se opravi ocena poplavne škode, ki zagotavlja gospodarski pregled potencialnih vplivov predvidenih scenarijev poplav. Vsi rezultati se lahko izračunajo in vizualizirajo na ravni soseske/mesta in na ravni stavbe, kar aplikacijo naredi primerno za podporo pri urbanističnem načrtovanju in pri izdelavi strategij prilagajanja stavb na podnebne spremembe. Drugi del vključuje katalog ukrepov MZI, ki se lahko izvedejo za povečanje varnosti pred poplavami na modeliranem območju. Poleg tega so v tejm delu vnaprej izračunani in shranjeni različni scenariji simulacij ekstremnih dogodkov. Tretji del je odgovoren za shranjevanje spoznanj, nasvetov in priporočil za obnovo stavb, pa tudi strategij prilagajanja podnebnim spremembam in dolgoročnih razvojnih načrtov.

Metodologija za oceno poplavne nevarnosti je zasnovana tako, da je prilagodljiva in prilagojena razpoložljivosti podatkov. Postopek določitve območij poplavne nevarnosti je prikazan na **Sliki 2** in poteka po naslednjih korakih:

1) Podatkovna knjižnica: podatkovni nizi za pilotna območja so vnaprej naloženi in dostopni različnim ciljnim skupinam. Uporabniki lahko v aplikacijo naložijo svoje podrobnejše podatke za namene modeliranja.
2) Izbira primera uporabe: na podlagi razpoložljivih podatkov in posebnih zahtev uporabniki izberejo primer uporabe, ki je najbolj ustrezen za njihovo situacijo.
3) Hidrološko-hidravlično modeliranje: izračun infiltracije padavin in površinskega odtoka za izbrano območje. Pri tem se upoštevajo različni meteorološki scenariji, napovedi podnebnih sprememb in potencialni vpliv ukrepov MZI. Za modeliranje padavin in odtoka se uporablja računalniški model EPA SWMM [13].
4) Ocena ogroženosti: rezultati modeliranja se uporabijo za izdelavo kart s prikazom kritičnih območij za poplavno tveganje.
5) Ocena ranljivosti: na osnovi podatkov o prebivalstvu se določi stopnja ranljivosti prebivalstva na ogroženih območjih.
6) Ocena škode zaradi poplav: na osnovi ocene ranljivosti se oceni gospodarski vpliv posledic poplav: ekonomska ocena škode zaradi poplav.



Slika 2: Shema poteka izračuna v aplikaciji za urbane poplave.

7) Sprememba scenarija: uporabniki lahko spremenijo vhodne podatke in ponovno zaženejo izračun, kar jim omogoča vizualizacijo in primerjavo rezultatov različnih scenarijev.

Opisani pristop omogoča prilagajanje ocene poplavne nevarnosti posebnim potrebam vsakega posameznega primera, saj ponuja več možnosti modeliranja in možnost primerjave različnih rezultatov. Metodologija vključuje uporabo podnebnih projekcij, historične in senzorske podatke ter simulacije realnega stanja, kar omogoča natančno oceno tveganj in oceno učinkovitosti posameznih ukrepov MZI. Na **Sliki 3** je prikazan primer izračuna ocene škode zaradi poplav za izbrano računsko območje [14].

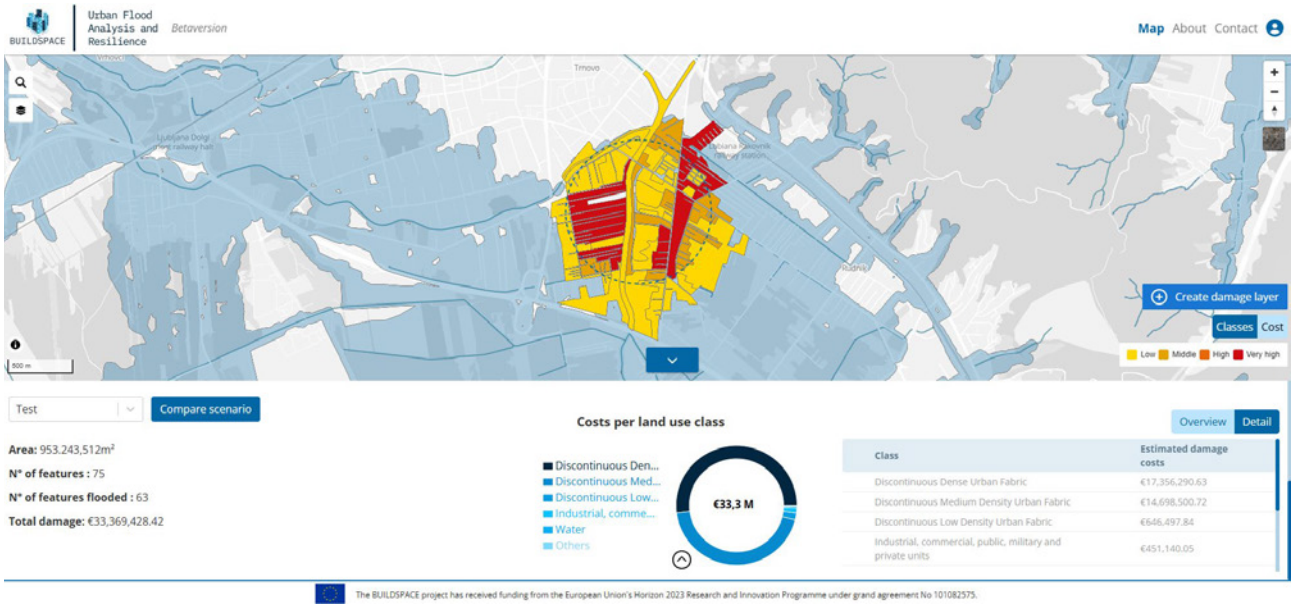
Vključevanje MZI

MZI vključuje na naravi temelječe rešitve za zadrževanje in ponikanje padavinskih voda. Viri navajajo [1] [8], da implementacija ukrepov MZI vodi do izboljšane poplavne odpornosti in hkrati prispeva k izboljšanje mestne mikroklime, izboljšanju biotske raznovrstnosti ter kakovosti bivanja. V trenutni verziji aplikacije za povečanje odpornosti na urbane poplave so ukrepi MZI preko določenega koeficienta infiltracije [15] zaenkrat vključeni preko treh različnih scenarijev : uporaba zelenih streh na stavbah, uporaba nabora ukrepov MZI na travnatih površinah, zamenjava neprepustnih tlakovanih površin z naborom ukrepov MZI na nivoju terena. V nadaljevanju razvoja bomo v aplikacijo vključili tudi druge ukrepe MZI, ki jih je možno implementirati v urbanih območjih. Nadgradili bomo tudi metodologijo za oceno poplavnih škod, ki bo po novem vsebovala tudi ekonomske stroške in koristi izvedenih ukrepov MZI na poplavnih območjih.

Pilotni območji: Ljubljana in Senigallia (Italija)

V okviru projekta CLIMRES sta posebej obranavani dve pilotni območji: Vič v Ljubljani in mesto Senigallia v Italiji.
Kljub izgradnji različnih gradbenih protipoplavnih ukrepov se Ljubljana še naprej sooča s pogostimi poplavnimi dogodki, nazadnje v letih 2010, 2014 in 2023. Zaradi znatne rasti mest v zadnjih 25 letih, zmanjšane prepustnosti površin in zmanjšane odvodne zmogljivosti je območje še vedno poplavno ogroženo, tako zaradi ekstremnih nalivov kot zaradi dviga vodostaja v bližnjih vodotokih. Med pilotnimi dejavnostmi bodo vzpostavljena različna merilna mesta, na katerih bodo izvedeni različni ukrepi MZI: zelena streha, zelena stena in deževni vrt. Podatki se bodo zbirali z obstoječimi in dodatnimi senzorji, med katerimi so najpomembnejši: dežemer, senzor vlažnosti zemljine in merilniki pretoka. Na osnovi meritev bomo določili učinkovitost posameznih ukrepov MZI ter njihov dejanski vpliv na odtok in infiltracijo padavin. Zbrani podatki bodo uporabljeni za modeliranje vpliva ukrepov MZI na obseg poplav na ravni soseske in stavb.

Drugi pilotni projekt poteka v občini Senigallia v italijanski regiji Marche. Gre za mesto na obali Jadranskega morja s približno 44.000 prebivalci; povprečna gostota prebivalstva znaša 375/km2. Mestno območje prečkajo tri glavne reke, od katerih je najpomembnejša reka Misa, in številni sekundarni vodni kanali, ob katerih potekajo umetni



Slika 3: Primer uporabe aplikacije za izračun poplavne škode.

nasipi. Voda se med poplavami razširi kot v odprtem kanalu in poplavi območja med strugami. Za središče mesta je značilna gosta pozidanost z omejeno prepustnostjo talnih površin. Zgodovinsko mestno jedro leži na poplavni ravnici na ustju reke Misa. Poleg stalnih prebivalcev mesto skozi vse leto gosti mnoge turiste in konferenčne obiskovalce. Senigallio so obsežne poplave prizadele v letih 2014 in 2022, v njih je bila prizadeta skoraj četrtina prebivalstva, zahtevale pa so tudi 16 smrtnih žrtev. Poplavni dogodki so povzročili tudi skoraj 200 milijonov evrov škode. V okviru projekta CLIMRES bo posebna pozornost za pilotno območje Senigallie namenjena razvoju sistema zgodnjega opozarjanja in načrtovanju evakuacije. Ključne meritve bodo obsegale spremljanje hidrodinamičnih spremenljivk in dinamiko prebivalstva na ogroženih območjih (snemanje s kamerami) [16].

Pilotni območji sta si različni, različne so tudi strategije ukrepanja proti poplavam. Na omočju Ljubljane se osredotočamo predvsem na možnosti izvedbe MZI in določanje njihovega vpliva na obseg poplav. V Senigallii pa izboljšanje odpornosti okolja na poplave poteka preko negradbenih ukrepov: spremljanja hidrološko-hidravličnih spremenljivk v realnem času, hitrega informiranja prebivalstva in priprave na ustrezen odziv v primeru ekstremnih dogodkov. Zaradi svoje različnosti pilotna primera končnim uporabnikom aplikacije omogočata, da za svoj primer analize poplavne ogroženosti izberejo ustrezen vzorčni primer z najpomembnejšimi lastnostmi za dano problematiko.

Prilagodljivost metodologije v različnih okoljih

Pomemben vidik razvite metodologije je njena prenosljivost in prilagodljivost. V času razvoja aplikacije poudarjamo pomen enostavno uporabnih orodij, ki so dostopna različnim uporabnikom – od raziskovalcev in urbanistov do odločevalcev in prebivalcev.

Študija poudarja pomen metodologije, ki je prilagodljiva in jo je možno uporabiti v različnih urbanih kontekstih. Iz povratnih informacij ustreznih zainteresiranih strani je razvidno, da je potrebno zmogljivosti aplikacije nenehno izpopolnjevati. To velja zlasti v zvezi s prilagajanjem na podnebne spremembe in ustreznostjo aplikacije za različne ciljne skupine. Razvoj aplikacije je trenutno v fazi izvajanja pilotnih meritev in izpopolnjevanja metodologije za oceno tveganja in analizo ranljivosti. Naslednji koraki vključujejo izboljšanje zmogljivosti modeliranja, nadaljnji razvoj uporabniškega vmesnika, vključitev informacij s strani uporabnikov in civilne zaščite, zbiranje povratnih informacij ciljnih skupin preko testiranja, prilagajanje aplikacije posebnim potrebam pilotnih območij in vključevanje rešitev za zgodnje opozarjanje ter komunikacijo za obvladovanje poplavne nevarnosti.

Dosedanje ugotovitve s pilotnih območij kažejo na ključno vlogo visokoločljivih podatkov v realnem času za izboljšanje natančnosti modelov in končnih rezultatov. Poudarja se pomen skupnega ustvarjanja rešitev z lokalnimi zainteresiranimi posamezniki in ciljnimi skupinami, da se zagotovi uporabnost in razumljivost razvitega orodja. Med najpomembnejšimi izzivi sta prilagajanje modelnega pristopa večjim urbanim območjem s kompleksnimi hidrološkimi pogoji in ustrezna raven kompleksnosti za širšo uporabo orodja [17]. Poleg tega različne upravne strukture in regulativni okviri med pilotnimi mesti (in v nadaljevanju razvoja aplikacije državami) poudarjajo potrebo po prilagodljivi in robustni metodologiji.

Pri razvoju aplikacije je posebna pozornost namenjena širitvi uporabe aplikacije za oceno poplavne varnosti v drugih urbanih območjih, ki se soočajo s podobnimi izzivi kot pilotni območji. Ključ do uspešne ponovne uporabe je v prilagodljivosti okvira aplikacije različnim podatkovnim nizom, geografskim kontekstom in potrebam zainteresiranih strani. Z vzdrževanjem prilagodljive podatkovne zbirke in zagotavljanjem vključitve lokalnih napovedi podnebnih sprememb se aplikacija lahko uporabi v različnih urbanih okoljih s primerljivimi dejavniki tveganja zaradi poplav. Kjer je možno in ustrezno, so kot vhodni podatki uporabljeni gisovski sloji, ki obsegajo območje celotne Evropske unije ali tudi širše območje. Pri razvoju aplikacije pa posebno pozornost namenjamo tudi uporabniku prijaznim metodam in vmesniku, s čimer želimo zagotoviti, da bo orodje uporabno za čim širši krog uporabnikov.

Zaključek

Pristop in izkušnje iz projektov BUILDSPACE in CLIMRES predstavljajo pomemben prispevek k razvoju strategij prilagajanja mest na podnebne spremembe in krepitvi odpornosti urbanih območij v prihodnosti. Metodologija, razvita v okviru obeh omenjenih projektov, omogoča celovit, prilagodljiv in večnivojski pristop k upravljanju s poplavami v urbanih območjih. Z vključevanjem MZI omogoča ne samo oceno tveganja za poplave, temveč tudi aktivno upravljanje z ranljivostjo in načrtovanje dolgoročne odpornosti mest. Za učinkovito upravljanje s poplavnimi tveganji v urbanih območjih je nujen celosten pristop, ki povezuje naravne rešitve, inženirske pristope in sodelovanje

deležnikov. Poseben poudarek je namenjen odprtokodnim rešitvam in promociji uporabe orodja v praksi. Ustvarjalci aplikacije pa si želimo tudi, da bi orodje pripomoglo k hitrejši prilagoditvi zakonodaje za lažje vključevanje MZI v projektantsko in načrtovalsko prakso.

Viri

[1] Q. Zhou, G. Leng, J. Su, and Y. Ren, "Comparison of urbanization and climate change impacts on urban flood volumes: Importance of urban planning and drainage adaptation," Science of The Total Environment, vol. 658, pp. 24–33, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.184.

[2] A. Milman and B. P. Warner, "The interfaces of public and private adaptation: Lessons from flooding in the Deerfield River Watershed," Global Environmental Change, vol. 36, pp. 46–55, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2015.11.007.

[3] S. Mannucci et al., "Flood Resilience and Adaptation in the Built Environment: How Far along Are We?," Sustainability, vol. 14, no. 7, p. 4096, Mar. 2022, doi: 10.3390/su14074096.

[4] L. Wang et al., "A review of the flood management: from flood control to flood resilience," Heliyon, vol. 8, no. 11, p. e11763, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11763.

[5] N. Prashar, H. S. Lakra, R. Shaw, and H. Kaur, "Urban Flood Resilience: A comprehensive review of assessment methods, tools, and techniques to manage disaster," Progress in Disaster Science, vol. 20, p. 100299, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.pdisas.2023.100299.

[6] UNISDR, "UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction.," 2009.

[7] Kozelj, D., Kozelj, K., Steinman, F., Gosar, L. (2008): Poplavna ogroženost in posledice dogodkov preostalega tveganja. UJMA 22.

[8] M. Khodadad, I. Aguilar-Barajas, and A. Z. Khan, "Green Infrastructure for Urban Flood Resilience: A Review of Recent Literature on Bibliometrics, Methodologies, and Typologies," Water (Basel), vol. 15, p. 523, 2023, doi: 10.3390/w15030523.

[9] D. Green et al., "Green infrastructure: the future of urban flood risk management?," Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, vol. 8, no. 6, p. e1560, 2021, doi: 10.1002/wat2.1560.

[10] J. Carril Ferreira, D. dos Santos, and L. Campos, "Blue-green infrastructure in view of Integrated Urban Water Management: A novel assessment of an effectiveness index," Water Res, vol. 257, p. 121658, 2024, doi: 10.1016/j.watres.2024.121658.

[11] T. Walczykiewicz and M. Skonieczna, "Rainfall Flooding in Urban Areas in the Context of Geomorphological Aspects," Geosciences (Basel), vol. 10, p. 457, 2020, doi: 10.3390/geosciences10110457.

[12] Petelin, Š., Pergar, P., Kirn, T., s sod. (2014): Priprava strokovnih podlag za izvajanje poplavne direktive (2007/60/ES): Priprava ekonomskih vsebin načrtov zmanjševanja poplavne ogroženosti. Inštitut za vode Republike Slovenije.

[13] L. A. Rossman, Simon, M.A. (2022): Storm Water Management Model (SWMM) Version 5.2 User's Manual. Cincinnati, OH.

[14] Nazka Mapps s sod. (2025): https://buildspace.nazka-mapps.com/

[15] Shade, C., Kremer, P., Rockwell, J. S., in Henderson, K. G. (2020): The effects of urban development and current green infrastructure policy on future climate change resilience. Ecology and Society, 25(4), str. 1–11.

[16] Bernardini, G., Ferreira, T.M., Julia, P.B., Eudave, R.R., Quagliarini, E. (2024): Assessing the spatiotemporal impact of users' exposure and vulnerability to flood risk in urban built environments. Sustainable Cities and Society 100 1-16.

[17] Pergar, P., Sirnik, N., Klemen, K., Maes, T., Bernardini, G., Quagliarini, E. (2025): From Flood Risk Assessment to Blue-Green Infrastructure Evaluation in Urban Built Environments: A Holistic Workflow Definition. MetroLive Conference 2025.



Pogled na ribjo stezo - del kamnito-betonskega praga za stabilizacijo nivelete Savinje.
Območje Polzele pod Polzelskim mostom.
Izvajalec: NIVO EKO d.o.o.,
Foto: Urban Jakop



Pogled na ribjo stezo - del kamnito-betonskega praga za stabilizacijo nivelete Savinje.
Območje Polzele pod Polzelskim mostom.
Izvajalec: NIVO EKO d.o.o.,
Foto: Urban Jakop

05

Aktualni projekti s področja upravljanja z vodami in urejanja voda

NAČRTOVANJE IN IZVEDBA SANACIJSKIH DEL NA HRASTNICI, Z UPOŠTEVANJEM REZULTATOV 2D HIDRAVLIČNEGA MODELA PREMEŠČANJA PLAVIN

Tadej Dolenc, mag. inž. ok. grad. (UN), HNG, d. o. o.

Simon Mrak, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž., HNG, d. o. o.

Povzetek

Prispevek predstavlja načrtovanje in izvedbo ukrepov za ureditev degradiranega odseka struge Hrastnice, z namenom povrnitve vodotoka v funkcionalno in stabilno stanje. Ključni element je uporaba 2D hidravličnega modela HEC-RAS za simulacijo gladinskih stanj in procesov premeščanja sedimentov, ki omogoča kvantitativno oceno erozijske ogroženosti in sedimentacijske dinamike. Na podlagi geodetskih meritev, digitalnega modela reliefa in hidrogramov visokovodnih pretokov so bila določena območja koncentrirane erozije in akumulacije sedimentov, kar je omogočilo optimizacijo ukrepov za stabilizacijo dna in brežin, rekonstrukcijo struge ter ureditev zaplavno-usedalnega prostora.

Hidravlični model omogoča analizo lokalnih hitrosti toka, globin in strižnih napetosti, kar je ključnega pomena za dimenzioniranje objektov in inženirsko-bioloških ukrepov. Rezultati modeliranja so bili validirani z dejanskimi spremembami geomorfologije struge med in po poplavi, kar potrjuje ustreznost modela kot strokovne podlage za prostorsko načrtovanje in odločanje o posegih v prostor.

Projektna rešitev temelji na integriranem hidrotehničnem pristopu, ki vključuje na naravi temelječe rešitve z implementacijo inženirsko-bioloških ukrepov. Takšen pristop zagotavlja dolgoročno hidravlično stabilnost, zmanjšanje erozijske in poplavne ogroženosti ter ohranjanje ekološke funkcionalnosti vodnega in obvodnega prostora, hkrati pa omogoča prilagodljivost na podnebne spremembe.

Uvod

Izdelava projektne dokumentacije za posege v vodna in obvodna območja zahteva interdisciplinaren pristop, ki temelji na kombinaciji klasičnih znanj ter modernih računalniških simulacij vodnih tokov ter erozijskih procesov. Namen takšnega pristopa je zagotoviti strokovne podlage za odločanje o posegih v prostor, pri čemer se upošteva tako odpornost na visoke vode kot okoljsko trajnost. S predmetnim prispevkom predstavljamo izdelavo projekta povrnitve, v ujmi 2023, degradirane struge Hrastnice v funkcionalno stanje, pri čemer smo si za izziv zadali, računsko, s simulacijo erozijske ogroženosti, določiti območja pričakovanega pojava erozije oziroma pričakovane akumulacije sedimentov.

Problematika

Predmet obdelave predstavlja 1.000 m dolg odsek struge Hrastnice (celotna dolžina znaša 5,5 km) v istoimenski dolini, ki se nahaja v Polhograjskem hribovju, na južnem obrobju Škofje Loke. Dolina je bila zaradi ujm v preteklosti že večkrat močno prizadeta, najbolj pa v zadnji ujmi avgusta 2023, ko je bila glede na škodo, ki jo je povzročil vodotok, med najbolj poškodovanimi tako na porečju Sore kot širše. Zaradi ekstremnega padavinskega dogodka je prišlo do aktivacije številnih erozijskih žarišč, posledično so se vzdolž toka prožili številni usadi, ki so jih dopolnjevali številni višjeležeči plazovi na strmih pobočjih, kar se je izrazilo v ogromnih količinah premeščenega materiala in številnih zajedah vzdolž povirnih krakov in samega toka Hrastnice.

Posledica enormne količine padavin, ekstremnega pretoka in hitrega toka ter velike količine materiala, ki se je premeščal z vodnim tokom, se je izrazila v hiperkoncentriranem toku, katerega moč je bila rušilna, kar se je pokazalo v številnih porušenih in poškodovanih cestah (večina cest je bila poškodovanih ali uničenih), infrastrukturi in objektih. Obseg poškodb je bil ekstremen. Po ujmi je bila dolina nekaj dni zaradi porušenih cest in cestnih objektov neprehodna.

Problematika se nanaša na omenjen degradiran odsek struge pri naselju Sveta Barbara, kjer je na gorvodnem delu prišlo do obsežne erozije vodnih in priobalnih zemljišč, prestavitve struge, na dolvodnem delu pa do obsežne akumulacije sedimentov, ki se je odrazila v preplavljanju okoliškega terena. Z izvedenimi izrednimi ukrepi s strani DRSV je bila po ujmi vzpostavljena osnovna pretočnost vodotoka ter osnovni tlorisni potek struge, brežine so bile urejene z zemeljskim profilom. Struga kot taka ni bila odporna na nove pojave visokih voda, zato smo po izvedenih izrednih ukrepih pristopili k izdelavi projektne dokumentacije za povrnitev struge v funkcionalno stanje.

V sodelovanju z DRSV, ki je zagovarjala sonaraven pristop pri urejanju in sanaciji poškodovanih objektov, smo pripravili koncept ureditve, ki je izključeval toge ureditve in predvideval predvsem inženirsko biološke ukrepe z namenom stabilizacije struge za preprečitev nadaljnjega škodljivega delovanja voda in z namenom varovanja pred škodljivim delovanjem voda zoper premoženje, pri čemer se zagotavlja dobro stanje voda.

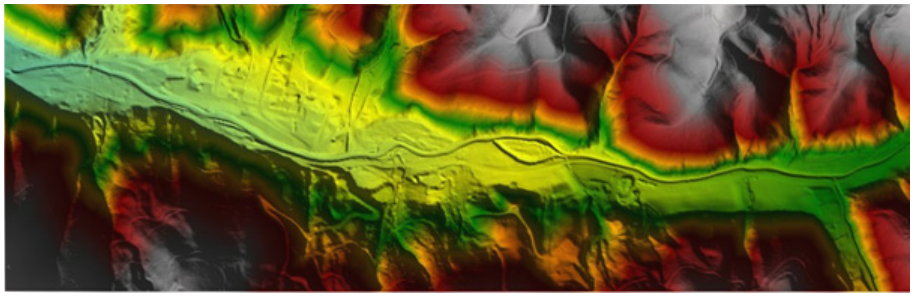


Slika 1: Dolina Hrastnice med visokovodno ujmo 4. avgusta 2023 (Vir: https://loske-novice.si/loski-info-nujno-kako-lahko-pomagamo-prizadetim-v-poplavah-na-skofjeloskem/, pridobljeno 16. 8. 2024)

2D Hidravlični model kot strokovna podlaga

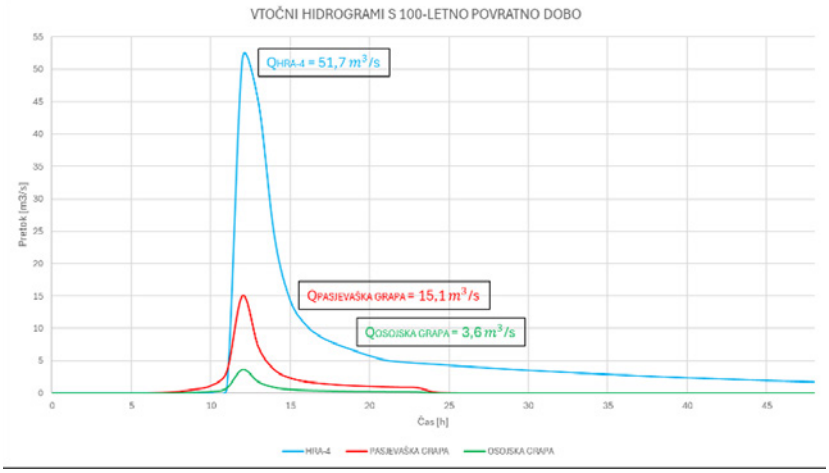
Na podlagi geodetske izmere rečne struge ter preverjenega digitalnega modela reliefa Slovenije (DMR; 1x1 m) s prostorsko ločljivostjo 1x1 m, je bila v prvi fazi, v programskem orodju Civil 3D izdelana batimetrija obstoječe struge v obliki neenakih trikotnikov (ang. *Triangulated Irregular Network* – TIN). Ker je struga vodotoka, izdelana v TIN obliki, relativno groba, smo se z namenom bolj zveznega poteka geometrije struge odločili, da bomo v programskem orodju HEC-RAS, na podlagi prečnih profilov izvedli interpolacijo terena v rečni strugi. Dobljeni rastrski sloj smo nato združili s podatki DMR1, ki so opisovali topografijo poplavnih površin, in na ta način izdelali enotno topografsko podlago hidravličnega modela za obstoječe stanje, tj. stanje po poplavni ujmi. Zaradi pomanjkanja podatkov smo za predhodno stanje uporabili podatke DMR, ki so se po analizi izkazali za uporabne.

Ključni vhodni podatek hidravličnega modela je



Slika 2: Topografska podlaga hidravličnega modela za obstoječe stanje

predstavljal hidrogram visokovodnih pretokov s 100-letno povratno dobo, ki smo ga za obravnavani odsek Hrastnice prevzeli iz hidrološkega dela študije *»Celovita hidrološko – hidravlična analiza porečja Selške, Poljanske in skupne Sore na območju občin Žiri, Gorenja vas – Poljane, Železniki, Škofja Loka in Medvode s predlogom celovitih ukrepov za zmanjšanje poplavne nevarnosti«*. Z namenom natančnejše hidravlične analize oziroma prikaza realnih razmer ob pojavu visokovodnih pretokov je bila v programskem orodju HEC-HMS izdelana tudi hidrološka analiza dveh izmed glavnih pritokov Hrastnice na modeliranem odseku, tj. Pasjevaška in Osojska grapa, ki glede na velikosti svojih prispevnih površin prispevata največ k skupnemu pretoku Hrastnice. Grafikon na Sliki 3 prikazuje izvrednotene visokovodne hidrograme s 100-letno povratno dobo, ki smo jih v hidravlični model umestili kot hidravlični zgornji robni pogoj (Q_{HRA-4}) ter kot notranja robna pogoja ($Q_{PASJEVAŠKA\ GRAPA}$ in $Q_{OSOJSKA\ GRAPA}$).

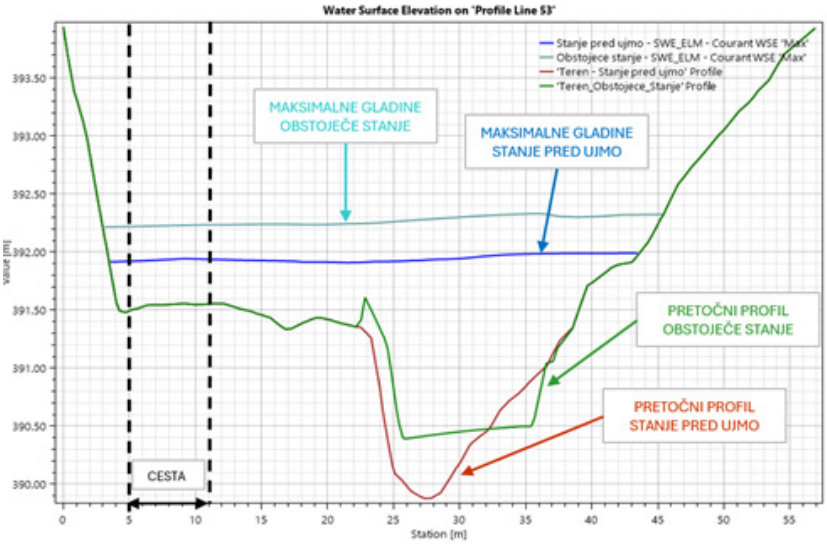


Slika 3: Vtočni hidrogrami s 100-letno povratno dobo

Modeliranje nestalnega neenakomernega dvodimenzionalnega toka je v programskem orodju HEC-RAS potekalo na osnovi reševanja enačb plitvega toka (ang. *Shallow Water Equations* – SWE). Uporaba SWE enačb je priporočljiva pri modeliranju intenzivnih poplavnih dogodkov, znotraj katerih se pojavi plitev vodni tok, ki je z vidika stabilnosti hidravličnih izračunov lahko problematičen (USACE, 2024b). V kategorijo tovrstnih hidravličnih razmer spadajo tudi hudourniške poplave, za katere je značilen izrazito hiter porast in upad pretokov, kakršen je bil tudi modeliran poplavni dogodek na Hrastnici.

2D hidravlični model – primerjava gladinskih stanj

Glede na spremenjene hidravlične razmere vzdolž modeliranega odseka Hrastnice, ki so nastale kot posledica poplavne ujme v avgustu 2023, smo se



Slika 4: Primerjava maksimalnih globin na poplavnih površinah nekoliko gorvodno od stanovanjskega objekta Sveti Andrej 7

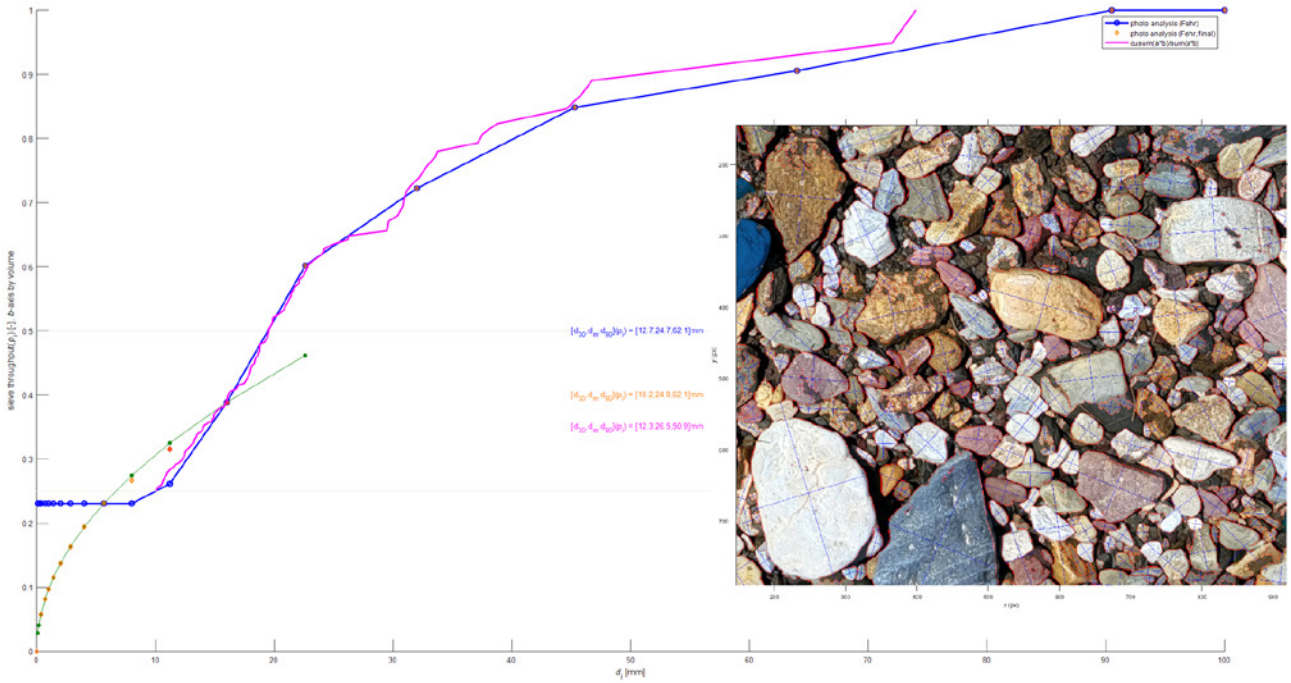
v sklopu hidravličnih analiz osredotočili predvsem na primerjavo pretočnih razmer ob pojavu visokovodnih pretokov (Q_{100}) za stanje pred in po poplavni ujmi. Dobljeni rezultati »klasičnega« 2D hidravličnega modeliranja so podali osnovna izhodišča za dimenzioniranje hidravlično ustreznega pretočnega profila Hrastnice na obravnavanem odseku. Za potrebe primerjave gladinskih stanj za stanje pred in po poplavni ujmi smo modelirani odsek Hrastnice razdelili na tri odseke in sicer na zgornji, srednji in spodnji tok. Največje razlike v globinah vodnega toka za stanje pred in po poplavni ujmi so se izkazale na območju spodnjega toka obravnavanega odseka, kjer so se v času avgustovske poplavne ujme vršili intenzivni procesi premeščanja plavin.

Nagradnja 2D hidravličnega modela v model premeščanja sedimentov

Pri nadgradnji 2D hidravličnega modela v model premeščanja sedimentov lahko v programskem orodju HEC-RAS izbiramo med številnimi nastavitvami, z izbiro katerih smo se poskušali čim bolje približati dejanskim hidravličnim in erozijskim razmeram, ki so se v času visokovodne ujme v avgustu 2023 izkazovale na obravnavanem odseku Hrastnice. Osnovni vhodni podatek je predstavljala zrnavostna sestava tal, ki smo jo pridobili na podlagi opravljene optične analize zrnavosti krovnega sloja z uporabo programskega orodja BaseGrain na desetih prodišč vzdolž modeliranega odseka Hrastnice. Na podlagi dobljenih zrnavostnih krivulj za vsako izmed desetih prodišč, smo nato z uporabo metode povprečenja določili reprezentativno zrnavostno krivuljo, s katero smo v modelu premeščanja sedimentov opisali enotno zrnavostno sestavo tal na računskem območju modela.

Eno izmed najpomembnejših odločitev pri zasnovi 2D hidravličnega modela premeščanja sedimentov je predstavljala izbira ustrezne transportne enačbe, saj se dobljeni rezultati modela bistveno razlikujejo glede na izbrano transportno funkcijo (USACE, 2024a). Po izvedeni analizi transportnih enačb, ki jih ponuja programsko orodje HEC-RAS, ter z izvedbo številnih testnih simulacij premeščanja sedimentov, smo se odločili za izbiro transportne enačbe van Rijn (1984, 2007), ki je v sklopu testnih zagonov modela izkazovala najbolj realne oziroma smiselne rezultate z ozirom na dogajanje med poplavno ujmo na modeliranem odseku Hrastnice.

Na gorvodnem koncu modela je bilo potrebno definirati tudi sedimentni robni pogoj. Po analizi razpoložljivih sedimentnih robnih pogojev, ki so na voljo v programskem orodju HEC-RAS, smo se odločili za uporabo robnega pogoja »Equilibrium Load«, ki je v vsakem časovnem koraku simulacije v računsko domeno modela dovajal frakcije in količine sedimentov enake tistim, ki so bile zaradi hidrodinamičnih sil vodnega toka erodirane iz računskih celic vzdolž sedimentnega robnega pogoja. Uporaba sedimentnega robnega



Slika 5: Prikaz rezultatov optične analize zrnavosti krovnega sloja na enem izmed prodišč

pogoja »Equilibrium Load« se nam je zdela smiselna tudi z vidika enormnih količin plavin, ki so se v času poplavne ujme sprostile iz zalednih delov porečja in se nato premeščale ter odlagale dolvodno vzdolž vodotoka.

2D hidravlični model premeščanja sedimentov – analiza lokalnih hidravličnih razmer in procesov rečne erozije

V sklopu simulacije premeščanja sedimentov oziroma plavin lahko na podlagi rezultatov izhodnega podatkovnega sloja »Bed Elevation« sledimo časovnim spremembam višinskih kot terena (topografske podlage) na območju računske domene hidravličnega modela, ki nastanejo kot posledica procesov rečne erozije. Pri simulaciji premeščanja sedimentov se tako hidravlične razmere ne spreminjajo zgolj z ozirom na povečevanje intenzitet vtočnih hidrogramov, temveč tudi z ozirom na časovne in prostorske spremembe v topografski podlagi modela (npr. spremembe v geometriji prečnih oziroma pretočnih profilov, ki so posledica poglabljanja struge zaradi intenzivnih erozijskih procesov, vodijo v večjo hidravlično prevodnost predmetnih pretočnih profilov in obratno – intenzivno odlaganje plavin zmanjšuje hidravlično prevodnost pretočnih profilov). Kakor bomo prikazali v nadaljevanju, lahko spremembe v morfologiji rečne struge – med simulacijo – bistveno vplivajo tudi na porazdelitev pretočnih hitrosti in strižnih napetosti, ki predstavljajo glavne dejavnike oziroma gonilne sile procesov premeščanja plavin.

V okviru prispevka se bomo tako osredotočili na analizo lokalnih hidravličnih razmer in procesov rečne erozije v pretočnem profilu Hrastnice, na območju katerega so se v času avgustovske poplavne ujme vršili predvsem intenzivni procesi globinske oziroma bočne erozije.

Pred samo izvedbo analize je smiselno, da si ogledamo izračunane vrednosti kritičnih strižnih napetosti, ki povzročijo pričetek prodnega premika posameznih velikostnih redov zrn, ki smo jih uporabili v simulaciji premeščanja sedimentov. Le-te smo pridobili iz izhodnega podatkovnega sloja »Critical Shear Stress«, njihove vrednosti pa smo preverili tudi z ročnim izračunom kritičnih strižnih napetosti z uporabo Shieldsovega diagrama.

V nadaljevanju so v izbranih časovnih korakih simulacije, tj. pri različnih pretokih, prikazane in analizirane lokalne hidravlične razmere v predmetnem pretočnem profilu, prikazano pa je tudi spreminjanje geometrijskih karakteristik profila zaradi procesov premeščanja plavin.

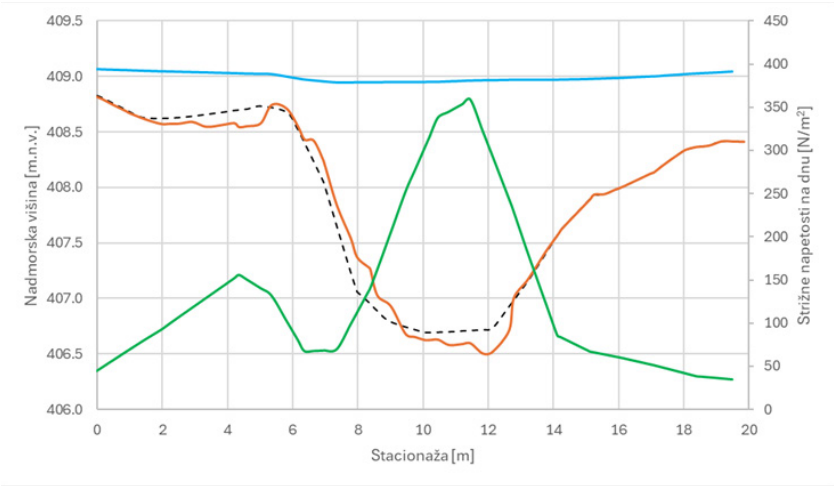
Časovni korak 1 – pretok 51 m^3/s

Pri maksimalnem pretoku Q = 51 m^3/s znašajo globine vodnega toka na območju struge do H = 2,5 m, medtem ko je lokalna cesta, ki poteka vzdolž leve brežine Hrastnice, preplavljena v višini do 0,5 m. Z vidika tokovnic vodnega toka oziroma animacije potovanja vodnih delcev je na odseku dolvodno od prečnega profila razvidno nekoliko intenzivnejše vračanje poplavnih voda z desnobrežnih poplavnih površin nazaj v strugo vodotoka.

Maksimalne pretočne hitrosti na območju matice vodnega toka znašajo do 3,7 m/s. Predvsem je opazen velik porast pretočnih hitrosti (in globin vodnega toka) nad levo brežino, tj. na območju lokalne ceste. Razlog za relativno velik porast v hitrostih je posledica (intenzivnejšega) dotoka poplavnih voda iz gorvodnih delov, kjer so se vode zaradi poddimenzioniranega pretočnega profila Hrastnice obširno razlivale izven osnovne struge

Klasifikacija zrn	Spodnja meja velikostnega razreda zrn [mm]	Zgornja meja velikostnega razreda zrn [mm]	Srednji premer zrn [mm]	Kritična strižna napetost HEC – RAS [N/m^2]	Kritična strižna napetost Shieldsov diagram [N/m^2]
Grobi melj	0,032	0,0625	0,045	0,1	0,1
Zelo fini pesek	0,0625	0,125	0,088	0,1	0,1
Fini pesek	0,125	0,25	0,177	0,1	0,1
Srednji pesek	0,25	0,5	0,354	0,2	0,2
Grobi pesek	0,5	1	0,707	0,3	0,4
Zelo grobi pesek	1	2	1,41	0,8	0,9
Zelo fini grušč	2	4	2,83	2	2
Fini grušč	4	8	5,66	5	4
Srednji grušč	8	16	11,3	10	9
Grobi grušč	16	32	22,6	20	20
Zelo grobi grušč	32	64	45,3	41	40
Manjši prodniki	64	128	90,5	81	82
Večji prodniki	128	256	181	161	164

Preglednica 1: Izračunane kritične strižne napetosti posameznih velikostnih redov zrn



Slika 6: Porazdelitev strižnih napetosti na dnu struge in na poplavnih površinah v prečnem profilu pri maksimalnem pretoku Q = 51 m3/s

vodotoka in oblikovale sekundarne tokove, ki so vzdolž ceste potovali dolvodno.

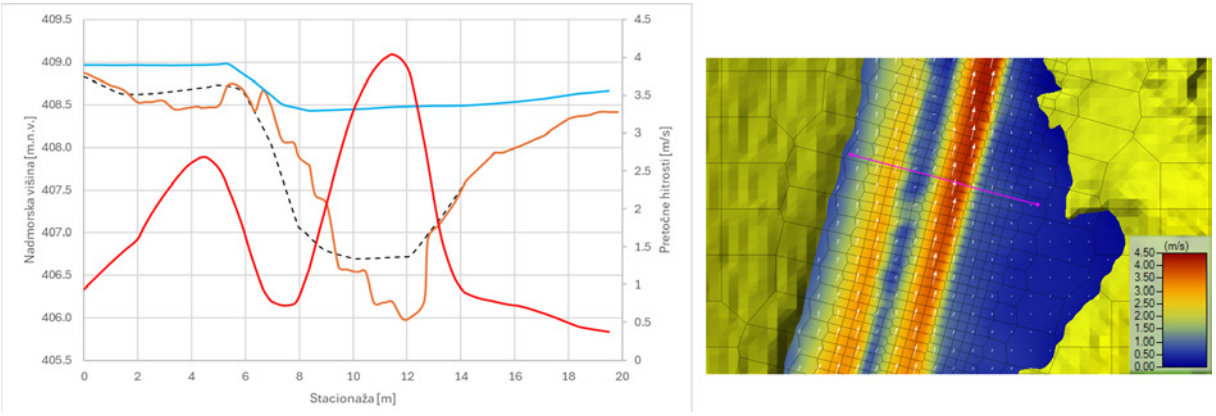
Skladno s pojavom maksimalnih pretokov in povečanjem pretočnih hitrosti so se v prečnem profilu okrepile tudi strižne napetosti ob dnu, kar je vodilo v intenzivnejše procese rečne erozije. Na območju matice vodnega toka so se tako ob dnu struge pojavljale strižne napetosti z vrednostmi do 360 N/m^2, medtem ko so vrednosti strižnih napetosti nad levo brežino dosegale vrednosti do 150 N/m^2.

Kakor je razvidno s Slike 6 so se skladno s povečevanjem strižnih obremenitev intenzivirali predvsem erozijski procesi. Če so se ob predhodno analiziranih časovnih korakih na območju ceste vršili predvsem blagi procesi odlaganja plavin, se je v času naraščanja do maksimalnega pretoka 51 m^3/s na območju nad levo brežino zaradi povečanih hitrosti vodnega toka in strižnih obremenitev erodirala približno 15 cm debela plast materiala. Iz spremenjenega geometrijskega poteka prečnega profila je razvidno, da se je dno struge vodotoka dodatno poglobilo praktično po celotni širini, in sicer v rangu med 5 do 15 cm. Ob strmi levi brežini je zaradi manjših pretočnih hitrosti in strižnih obremenitev razvidno območje odlaganja plavin.

Časovni korak 2 – pretok 32,5 m^3/s:

V drugem izbranem časovnem koraku simulacije bomo analizirali hidravlično in erozijsko dogajanje v prečnem profilu pri upadanju pretoka. Med izbranima časovnima korakoma 1 in 2, se je pretok v prečnem profilu postopoma zmanjševal do 32,5 m^3/s. Ob vračanju poplavnih voda v strugo vodotoka se je med predmetnima časovnima korakoma po celotni višini strme leve brežine odložila debelejša plast plavin, kar je botrovalo zožitvi pretočnega profila.

Odlaganje plavin na strmi levi brežini je posledica relativno nizkih pretočnih hitrosti (in strižnih napetosti) pri vračanju poplavnih voda preko brežine nazaj v glavno strugo vodotoka v obliki delno potopljenega prelivanja. Zaradi zoženega in poglobljenega pretočnega profila so pretočne hitrosti na območju matice vodnega toka dosegle vrednosti do 4 m/s. Za primerjavo omenimo, da so pretočne hitrosti na območju matice vodnega toka pri ma-



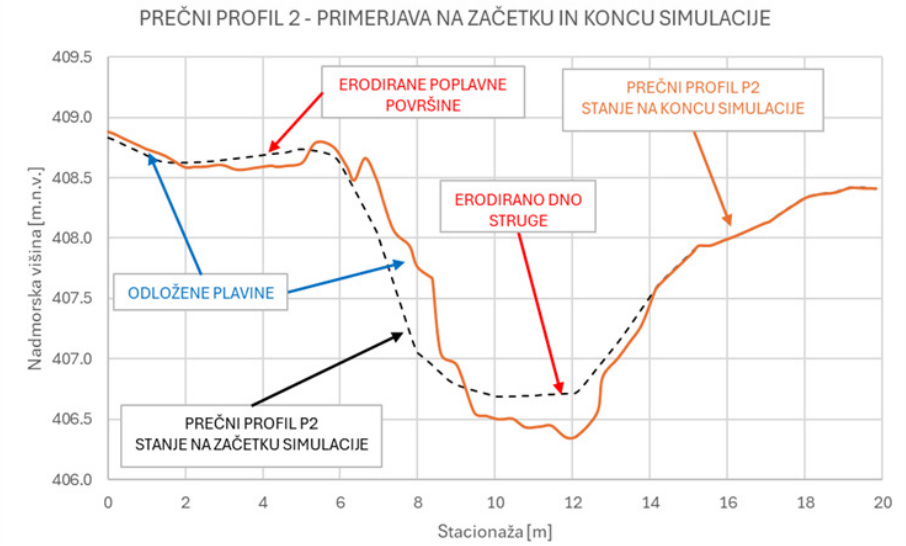
Slika 7: Porazdelitev pretočnih hitrosti v prečnem profili pri pretoku Q = 32,5 m^3/s

ksimalnem pretoku Q = 51 m^3/s (časovni korak 1) dosegale vrednosti do 3,7 m/s, kar je 0,3 m/s manj kot pri pretoku Q = 32,5 m^3/s (časovni korak 2).

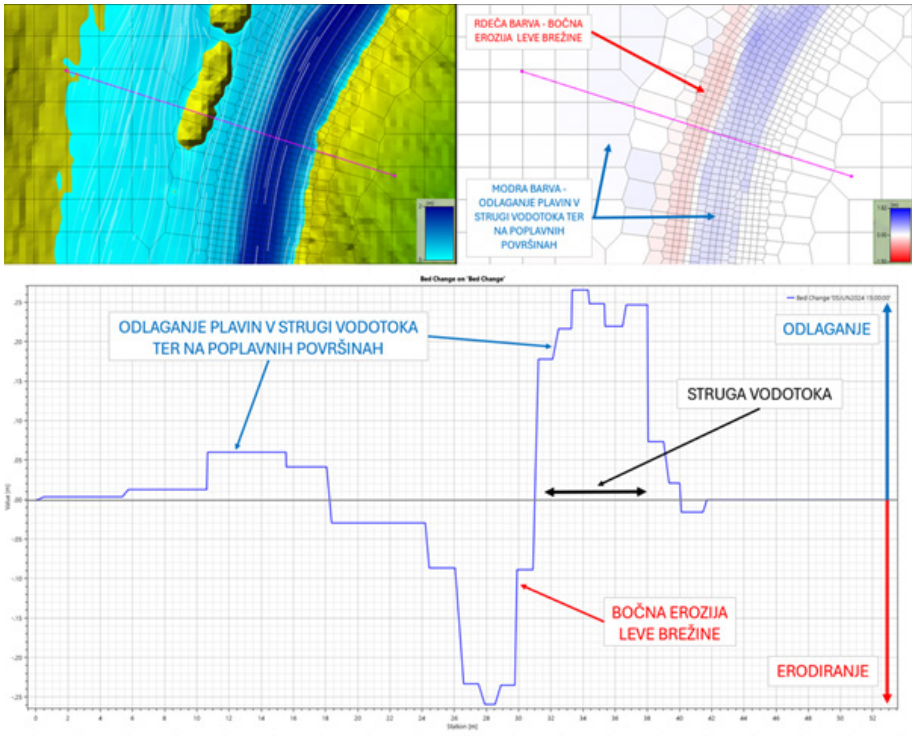
Skladno s pojavom najvišjih pretočnih hitrosti so se v izbranem časovnem koraku simulacije pojavile tudi največje strižne napetosti. Na območju matice vodnega toka so se na dnu struge pojavljale strižne napetosti z vrednostmi do 435 N/m^2. Za primerjavo zopet omenimo, da so pri maksimalen pretoku Q = 51 m^3/s (časovni korak 1) največje strižne napetosti na območju matice vodnega toka dosegale vrednosti do 360 N/m^2.

Glede na pojav največjih pretočnih hitrosti in strižnih napetosti so se na dnu struge vršili izjemno intenzivni procesi rečne erozije. Med časovnima korakoma 1 in 2 se je ob peti desne brežine dno struge tako dodatno poglobilo za približno 0,5 m. Kot smo že omenili, so se na strmi levi brežini zaradi vračanja poplavnih voda v strugo vodotoka v obliki delno potopljenega prelivanja odložile plasti plavin debelin med 0,25 do 0,75 m. Procesi erozije so se nadaljevali tudi na območju lokalne ceste, tj. nad levo brežino, kjer se je dodatno erodirala slabih 10 cm debela plast materiala.

Med nadaljevanjem simulacije so se skladno z nekoliko intenzivnejšim upadanjem pretokov posto-



Slika 8: Primerjava geometrije prečnega profila na začetku in koncu simulacije premeščanja sedimentov



Slika 9: Prikaz območij erozije – rdeče celice in akumulacije sedimentov – modre celice, na izseku predmetnega območja

poma zmanjševale tudi pretočne hitrosti in strižne obremenitve, na račun zmanjševanja katerih je upadala tudi premestitvena zmogljivost vodnega toka. Zaradi še vedno relativno velikega dotoka plavin v računsko domeno hidravličnega modela so se v prečnem profilu do konca izvajanja simulacije v večji meri vršili predvsem procesi odlaganja plavin. Ob koncu simulacije je bilo dno rečne struge v primerjavi s stanjem na začetku simulacije praktično po celotni širini poglobljeno za 15 do 40 cm.

Projektni koncept ureditve in tehnična rešitev problematike

Koncept ureditve kot temeljni cilj predstavlja celovit hidrotehnični poseg, ki bo vzpostavil stabilen profil struge, zagotovil ustrezno hidravlično pretočnost, omogočil kontrolirano zadrževanje plavin ter hkrati izboljšal ekološko stanje vodotoka. Temelji na analitično podprtih odločitvah, ki izhajajo iz podrobnih hidravličnih in erozijskih analiz ter hkrati upošteva dolgoročne cilje upravljanja voda in varstva pred škodljivim delovanjem voda, pri čemer se vzpostavi ravnotežje med hidravlično varnostjo, okoljsko trajnostjo in prostorsko funkcionalnostjo. Naravni značaj vodotoka se ohranja z uporabo inženirsko-bioloških rešitev in sonaravnih tehnik urejanja (ang. Nature-Based Solutions – NBS), zagotavlja se ekološke povezave in upošteva prilagoditev podnebnim spremembam.
Kot projektna rešitev, vključena v projektno dokumentacijo za izvedbo, so bili predvideni naslednji ukrepi:

- na vodnemu toku manj izpostavljenih odsekih, kjer so pričakovane manjše strižne napetosti, se brežine urejajo z uporabo vrbove preproge, panjev, formiranjem profila in ozelenitvijo. Naravne brežine se oblikujejo v naklonu 1:2 ali blažjem, kar povečuje stabilnost in ekološko vrednost. Razrasel koreninski sistem vegetacije zagotavlja dodatno stabilnost zgornjega sloja zemljine in zmanjšuje površinsko erozijo;
- na uravnanem odseku se uredi medsebojno povezan in ozelenjen preplet hlodov in skal;
- za stabilizacijo nivelete se uredi sistem 15 lesenih polovičnih stopenjskih pragov, z globinsko oblikovanim tolmunom za zagotavljanje vodne blazine in ustreznih habitatnih pogojev;
- prestavitev struge na vodno zemljišče v lasti RS, novo ustvarjena struga se rekultivira z zemeljskim materialom;
- stabilizacija vodnemu toku bolj izpostavljenih brežin z ozelenjenim kamnometom;
- stabilizacija pritokov v strugo Hrastnice, s kamnom v betonu;
- za zadrževanje plavin in plavja se na območju najširšega prereza predvidi ureditev prebiralne pregrade in usedalno-zaplavnega prostora, ki omogoča prehoden koridor za raka koščaka;
- postavitev samic in skupkov večjih kosov kamenja v strugo za razgibanje dna struge;
- zatravitev in zasaditev avtohtone drevesne in grmovne vegetacije.

Realizacija tehnične rešitve problematike v naravi

Vsa predvidena gradbena dela so bila v okviru *Izvedbene pogodbe za vzpostavitev vodne infrastrukture v funkcionalno stanje na porečju Poljanske Sore s pritoki* izvedena v skladu s projektno dokumentacijo z izjemo prebiralne pregrade, katere izvedba ni bila možna, zaradi vmesnega odkupa dela vodnega zemljišča s strani zasebnega investitorja. Ureditev, izvedena z minimalnim možnim posegom v obstoječe vodno zemljišče in ob upoštevanju okoljskih ter varstvenih zahtev, predstavlja ustrezno vodarsko ureditev in združuje tehnično zanesljivost, ekološko trajnost in prostorsko funkcionalnost vodotoka ter omogoča dolgoročno vzdrževanje in prilagodljivost na spremenjene hidravlične pogoje. V nadaljevanju so prikazane fotografije projektirane izvedbe del v naravi.



Slika 10: Stabilizacija brežin z grobimi zložbami iz kamna, postavitev skupkov skal ter zasaditev potaknjencev – modelsko območje erozije



Slika 11: Zavarovanje desne brežine Hrastnice s prepletom iz hlodov in skal ter stabilizacija nivelete z lesenimi stopenjskimi pragovi s prelivom za koncentracijo nizkih pretokov – prehod med modelskim območjem erozije in sedimentacije



Slika 12: Inženirsko-biološka ureditev brežine z uporabo vrbove preproge – modelsko območje sedimentacije

Zaključek

Realizacija projekta sanacije struge Hrastnice je pokazala učinkovitost integriranega pristopa, ki združuje hidravlično stabilnost, stabilizacijo brežin in sonaravno-biološke rešitve, temelječe na konkretnih rezultatih hidravličnih modelov tako gladinskega stanja kot erozijske ogroženosti. Rezultati hidravličnih modelov so se izkazali kot ustrezne strokovne podlage, saj so se izračunana območja pričakovanih območij erozije in akumulacije sedimentov ujemala s stanjem v naravi (tako avgusta 2023 kot ob kasnejših padavinskih dogodkih).

Uporaba sodobnih metod hidravličnih in erozijskih analiz omogoča objektivno in kvantitativno oceno vplivov posegov na vodni in obvodni prostor. Tak pristop predstavlja ključni podporni element pri prostorskem načrtovanju, saj omogoča usklajevanje tehničnih, varnostnih, naravovarstvenih in okoljskih zahtev. Z izvedenimi ukrepi je izboljšana prevodnost in stabilnost obravnavanega odseka, kar predstavlja povečano odpornost na delovanje visokih voda, s čimer se zagotavlja varovanje pred škodljivim delovanjem voda in zmanjšuje škodni potencial območja, pri čemer se ohranja tudi ekološka funkcionalnost dolinskega prostora. Projekt predstavlja primer dobre prakse sodobnega hidrotehničnega načrtovanja, kjer sta trajnostni oziroma sonaravni pristop ter integracija tehničnih rešitev (hidravličnih modelov) ključna za dolgoročno učinkovitost in okoljsko sprejemljivost vodarskih ureditev.

Viri

- lastni
- HEK, Doroteja Starec s.p. 2018/2019. Celovita hidrološko – hidravlična analiza porečja Selške, Poljanske in skupne Sore na območju občin Žiri, Gorenja vas – Poljane, Železniki, Škofja Loka in Medvode s predlogom celovitih ukrepov za zmanjšanje poplavne nevarnosti.

ZMANJŠEVANJE OGROŽENOSTI ZARADI MASNIH TOKOV – RAZBIJAČ DROBIRSKEGA TOKA NAD KOROŠKO BELO

dr. Jošt Sodnik, univ. dipl. inž. grad.,
TEMPOS, okoljsko gradbeništvo d.o.o., Tehnološki park 21, 1000 Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, 1000 LJUBLJANA

Aleš Oblak, mag. inž. grad.,
TEMPOS, okoljsko gradbeništvo d.o.o., Tehnološki park 21, 1000 Ljubljana

Luka Prezelj, mag.inž.ok.grad.,
TEMPOS, okoljsko gradbeništvo d.o.o., Tehnološki park 21, 1000 Ljubljana

Andraž Dežman, mag.inž.grad.,
GEOPORTAL d.o.o., Tehnološki park 21, 1000 Ljubljana

Povzetek

V prispevku je predstavljen projekt razbijača drobirskega toka nad Koroško Belo. Nad vršajem Koroške Bele je več aktivnih plazov, skupnega volumna preko 2 milijona m^3. Del tega materiala bi se lahko ob neugodnih razmerah mobiliziral, preobrazil v masni tok in ogrozil vršaj hudournika Bela, kjer je naselje Koroška Bela. Raziskave plazov na tem območju pod okriljem Geološkega zavoda Slovenije potekajo že 20 let. Sondažni razkopi na vršaju so pokazali, da so v preteklosti masni tokovi že ogrožali to območje, številne raziskave na plazovih pa znatno nevarnost ponovitve dogodka. Zadnji zabeležen dogodek je bil leta 1789, ko je material uničil in zasul 20 hiš. Med ujmo avgusta 2023 je bila zaradi premikov v zaledju odrejena evakuacija celotnega naselja Koroška Bela. V bližnji preteklosti nas na nevarnost masnih tokov spominja dogodek v Logu pod Mangartom, ko je novembra 2000 drobirski tok terjal 7 žrtev.

MNVP je pristopil k izvedbi najnujnejših ukrepov za zmanjšanje nevarnosti za prebivalce Koroške Bele. Poleg drenažnih ukrepov na plazovih sta ključna ukrepa umestitev serije mrežnih pregrad v zaledju in pa razbijač drobirskih tokov nad vršajem. V prispevku je predstavljen projekt razbijača drobirskega toka.

Sami masni tokovi so zelo specifični, saj je zelo pomemben parameter dogodka reologija mešanice, ki vpliva na dinamiko dogodka in obremenitve objektov. Za načrtovanje objektov na hudournikih nimamo veljavnih smernic, zato smo za načrtovanje uporabili avstrijske smernice, kjer imajo to področje precej bolje razvito in razdelano. Izdelan je bil matematični model potencialnega masnega toka, ki je bil uporabljen pri dimenzioniranju objekta. Velik izziv pri načrtovanju tega objekta je bilo določanje potencialnih scenarijev, ki niso tako kot pri poplavah vezani samo na povratne dobe in padavine. Specifika objekta je tudi ta, da mora delovati pri zelo različnih scenarijih (velik razpon projektnih pretokov, do 100-kratna razlika). Gre za 18m visok objekt, AB izvedbe, dimenzioniran na različne dinamične vplive potencialnih dogodkov. Glede na magnitude potencialnih masnih tokov

(preko 300.000 m^3) zadrževanje celotnega materiala ni bil smiseln, niti izvedljiv ukrep, zato je predviden razbijač, ki bo razbil čelo toka in zmanjšal hitrosti toka do te mere, da bo ogroženost na vršaju bistveno zmanjšana. V prispevku bodo podrobno predstavljena izhodišča za načrtovanje in samo načrtovanje. To je v Sloveniji šele drugi razbijač (prvi je bil zgrajen v Logu pod Mangartom) in tudi največji po svoji konstrukcijski višini. V vmesnem obdobju je bila projekta dokumentacija tudi recenzirana.

Uvod

Območje Koroške Bele je ogroženo zaradi več aktivnih plazov v zaledju. Obstaja nevarnost preoblikovanja mase plazu v drobirski tok, ki bi lahko ogrozil naselje na hudourniškem vršaju. Obsežne raziskave področja, ki so se odvijale zadnjih 20 let, so pripeljale do zaključka, da popolne varnosti za območje Koroške Bele ni možno zagotoviti, saj stabilizacija plazov zaradi kompleksnosti in obsežnosti ni možna. Temu botrujejo zahtevne geološke razmere, več izvirov vode in otežen dostop. Na podlagi raziskav je bil določen celoten nabor ukrepov, ki so bili razdeljeni na različne prioritete. Za najbolj nujne izmed njih je Ministrstvo za naravne vire in prostor na javnem razpisu izbralo izdelovalca projektne dokumentacije, ki obsega večjo pregrado – razbijač, serijo mrežnih pregrad v zaledju in ukrepe za zagotovitev dostopnosti do teh ukrepov. Kot ekonomsko najugodnejše je bilo izbrano podjetje EHO projekt d.o.o. s podizvajalci. Načrt za pregrado – razbijač je izdelalo podjetje TEMPOS, okoljsko gradbeništvo d.o.o. v sodelovanju z Geoportal d.o.o. (statika).

Razbijač kot objekt predstavlja optimalno rešitev, ki se v tujini pogosto uporablja kot omilitveni ukrep za hudournike, kjer se pojavljajo ali obstaja nevarnost drobirskih tokov. Namen objekta je zmanjševanje energije toka in vsiljevanje procesa odlaganja nad naseljem. Gre za masiven objekt s katerim v Sloveniji nimamo veliko izkušenj, saj imamo samo en podoben objekt v Logu pod Mangartom. Zato omenjen objekt predstavlja kompleksen izziv, ki terja veliko interdisciplinarnega znanja s področij hidrologije, hidravlike, geotehnike in konstrukcij. Podlaga za načrtovane so bile smernice iz sosednje Avstrije, kjer je področje hudourništva bolj razvito in so kompleksnejši pristopi bolj vsakdanji.

Ključno pri načrtovanju oz. dimenzioniranju je določanje t.i. obtežnih scenarijev oz. magnitud potencialnih drobirskih tokov, kar predstavlja najbolj kompleksen del naloge. Največji problem predstavlja ravno velik razpon potencialnih dogodkov, saj mora objekt delovati tako pri manjših kot večjih dogodkih. Torej imamo razpon scenarijev od Q_{20} pa tja do potencialno tudi več kot 100 kratnik Q_{100}. Te parametre je potrebno upoštevati pri zasnovi objekta. V nadaljevanju so podani kratki povzetki posamezne faze načrtovanja objekta.

Zasnova objekta

Zasnova obravnavanega pregradnega objekta – razbijača temelji na rezultatih numeričnega hidravličnega modeliranja, ki je predstavljeno v nadaljevanju. Ta narekuje ključne gabarite za ustrezno hidravlično delovanje objekta. Osnovna funkcija objekta je zmanjševanje energije potencialnih masnih tokov. Objekt deluje kot razbijač, ki s svojo obliko in konfiguracijo zmanjšuje hitrost toka nad objektom in posledično z zmanjšanjem transportne moči inducira odlaganje materiala. S tem se zmanjšuje konične pretoke ter rušilno moč drobirskih tokov dolvodno od objekta. Zasnova temelji na spoznanju, da pri pričakovanih magnitudah drobirskih tokov (do približno 360.000 m^3) klasična »polna« zaplavna pregrada ne bi bila učinkovita. Takšna pregrada bi lahko zadržala le manjši del celotnega volumna, medtem ko bi se preostanek toka neovirano prelil preko preliva, s tem pa na območju pregradnega objekta povzročal povečano nevarnost bočne erozije. Koncept razbijača pa z zagotavljanjem ustrezne pretočnosti zagotavlja, da objekt z zmanjšanjem pretočnih hitrosti vpliva na celotni oz. večji del hidrograma drobirskega toka, kar omogoča bolj efektivno zmanjševanje konice drobirskega toka in zmanjšanje hitrosti.

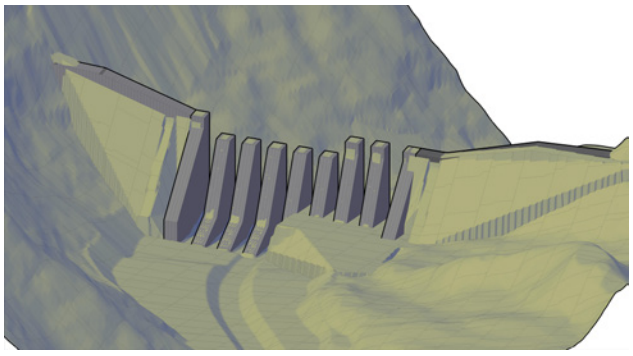
Lokacija objekta je bila izbrana na podlagi analize oblike terena in geološke sestave tal. Z umestitvijo objekta na zoženi del grape je doseženo optimalno razmerje med dimenzijami objekta in zaplavnim prostorom za pregrado, brežine iz masivnega zrnatega apnenca pa zagotavljajo dodatno stabilnost bokov objekta. Lokacija pod sotočjem strug, ki prihajata izpod plazov Urbas in Čikla, zagotavlja funkcijo objekta v primerih mobilizacije obeh večjih plazov.

Objekt je zasnovan kot armirano betonska (AB) konstrukcija, ki jo sestavljajo temeljna plošča, devet reber in konzolna krila. Dimenzije temeljne plošče so bile določene na podlagi geostatičnih izračunov, predstavljenih v nadaljevanju. Pri določitvi oblike reber razbijača se je sledilo usmeritvam avstrijskih smernic ONR 248xx, ki predstavljajo temeljni standard za urejanje hudourniških območij v Avstriji. Objekt sestavlja 9 reber, od tega 7 sredinskih ter dve stranski rebri, ki sta z ene strani zasuti in podpirata zasip bočnih kril. Širina reber prečno na vodni tok znaša 2 m. Širina rež med rebri znaša 2 m in je bila izbrana na pod-

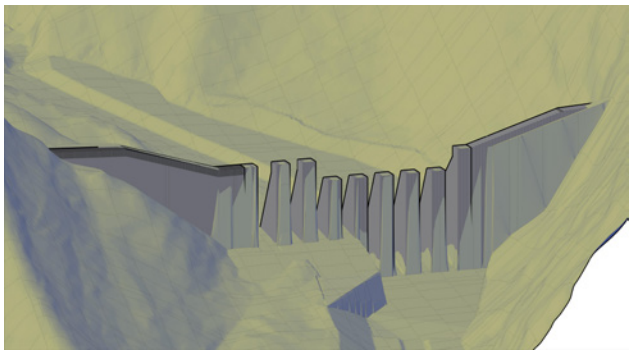
lagi priporočenih minimalnih širin po avstrijskih smernicah (min 1,5-2,0 m). Oblika reber je prilagojena zmanjšanju tveganja za zagozditev plavja – na območju nižjih prelivnih polj so oblikovana v lomljeni trikotni obliki. Poseben poudarek pri zasnovi je bil namenjen zagotavljanju delovanja objekta pri različnih magnitudah drobirskih tokov. Niveleta dna pretočnih rež je zasnovana v dveh višinah – štiri nižja prelivna polja na levem bregu omogočajo prevajanje dogodkov manjših magnitud (npr. scenarij EC20), medtem ko se pri večjih magnitudah aktivirajo tudi štiri višje reže na desnem bregu, dvignjene približno 6 m nad obstoječe dno. Zadnje prelivno polje na desnem bregu, širine 3m, omogoča prehod vzdrževalne mehanizacije in dostopnih vozil do zaledja. Znižana sredinska rebra tvorijo prelivni del, ki omogoča varno prelivanje masnih tokov pri ekstremnih dogodkih, pri čemer se tok ohranja v osi pregrade, stran od kril in brežin. Konzolna krila objekta zagotavljajo navezavo na obstoječe brežine in se vpenjajo v kompaktno podlago zrnatega apnenca, kar pozitivno vpliva na stabilnost objekta. Naklon krone kril (prečno na smer toka) znaša 30%, kar dodatno koncentrira tok v sredino objekta, stran od brežin. Krila so na gorvodni strani zasuta z nasipom v naklonu 1:1,2, kar zmanjšuje vpliv dinamičnih obtežb drobirskega toka na krila. Takšna zasnova objekta zmanjšuje možnost bočne erozije in mehanskih poškodb objekta tudi pri izjemnih obremenitvah.

Pri običajni hidrološki dinamiki objekt ohranja naravne morfološke procese v vodotoku. Zaradi odprtih pretočnih rež omogoča prehod rinjenih plavin in preprečuje zapolnjevanje zaplavnega prostora ob običajnih hudourniških dogodkih. S tem je zagotovljeno ohranjanje kapacitete zaplavnega prostora, potrebne za učinkovitost objekta v primeru pojava masnih tokov ob mobilizaciji zemeljskih plazov v zaledju.

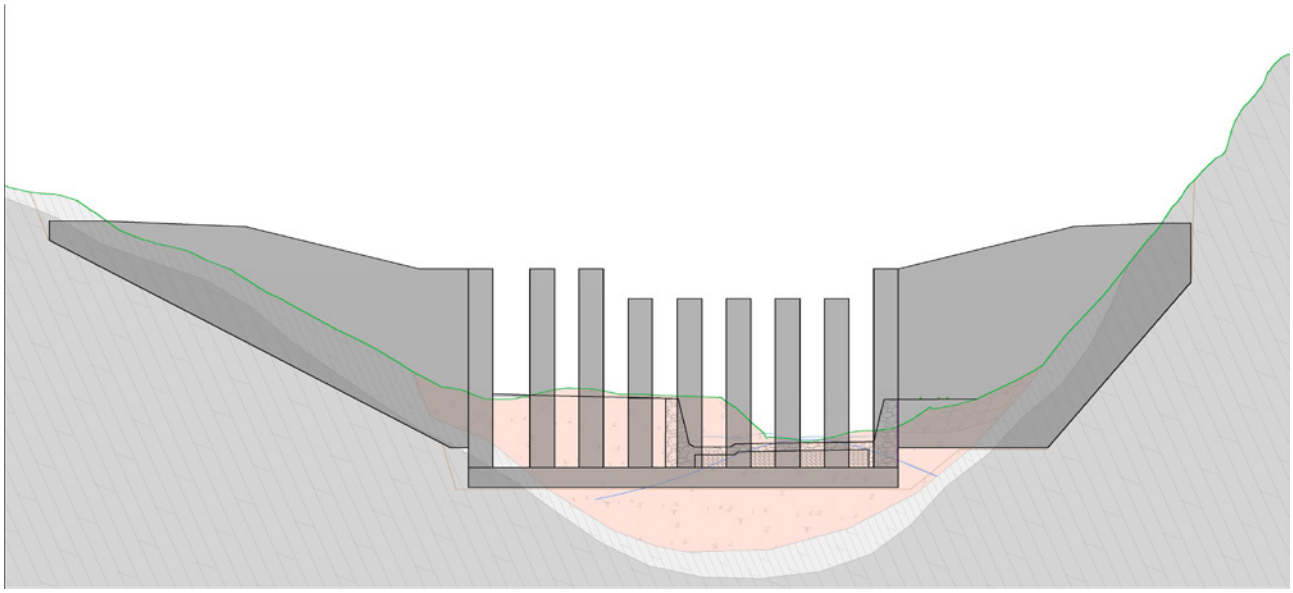
Na območju umestitve objekta je za zagotavljanje ustrezne erozijske zaščite predvideno zavarovanje struge hudournika v kombinaciji kamna v betonu in kamna v suho. S preoblikovanjem območja zaplavnega prostora gorvodno od objekta je bila povečana njegova kapaciteta.



Slika 1: Zasnova objekta - pogled iz gorvodne strani.



Slika 2: Zasnova objekta - pogled iz dolvodne strani.



Slika 3: Prečni prerez objekta.

Zasnova razbijača združuje funkcionalnost objekta in varnost v širokem razponu možnih scenarijev, kar je bistvenega pomena, saj je razpon možnih magnitud dogodka zaradi nepredvidljivosti mehanizma dogodka izredno velik. Obenem objekt z odprto in pretočno obliko prispeva k ohranjanju naravne dinamike vodotoka (morfološki procesi).

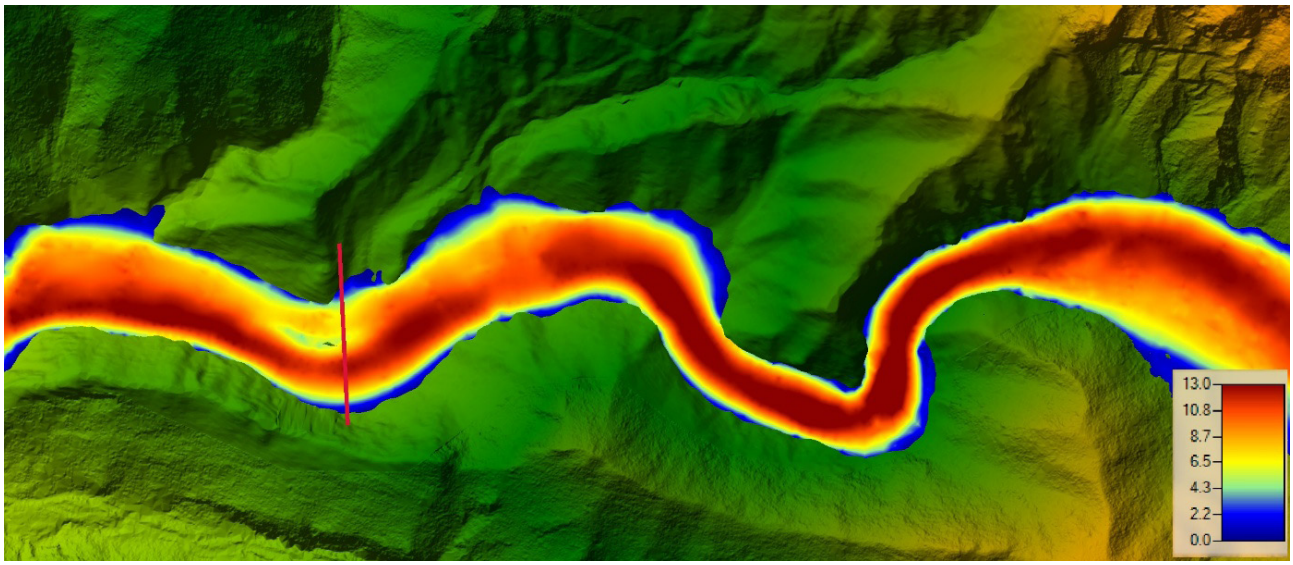
Hidrotehnično dimenzioniranje objekta

Osnovni namen načrtovanega razbijača drobirskega toka je zmanjšanje nevarnosti delovanja pobočno-hudourniških drobirskih tokov, ki ogrožajo naselje Koroška Bela. Ti dogodki lahko presegajo projektne pretoke čiste vode s povratno dobo 100 let (Q_{100}voda) tudi za več kot stokrat, zato klasični hidrološki pristopi niso zadostni. Pri dimenzioniranju objekta so bili zato obravnavani scenariji potencialnih drobirskih tokov, določeni s kombinacijo empiričnih in analitičnih metod, ki so bile izbrane na podlagi avstrijskih smernic za urejanje hudourniških območij (ONR 24802:2010). Zaradi relativno slabe raziskanosti in velike raznolikosti pojava drobirskih tokov so bili vhodni parametri določeni s primerjalno analizo analognih dogodkov, zlasti z dogodkom v Logu pod Mangartom leta 2000 (Četina et al., 2006), kjer se je plaz Stože mobiliziral v drobirski tok, kar predstavlja enak mehanizem razvoja drobirskega toka. Za območje Koroške Bele sta bila kot najverjetnejša izvora drobirskih tokov prepoznana plazova Urbas in Čikla. Na podlagi njihovih volumnov in hidroloških značilnosti zaledja so bile oblikovane magnitude in konice pretokov možnih scenarijev.

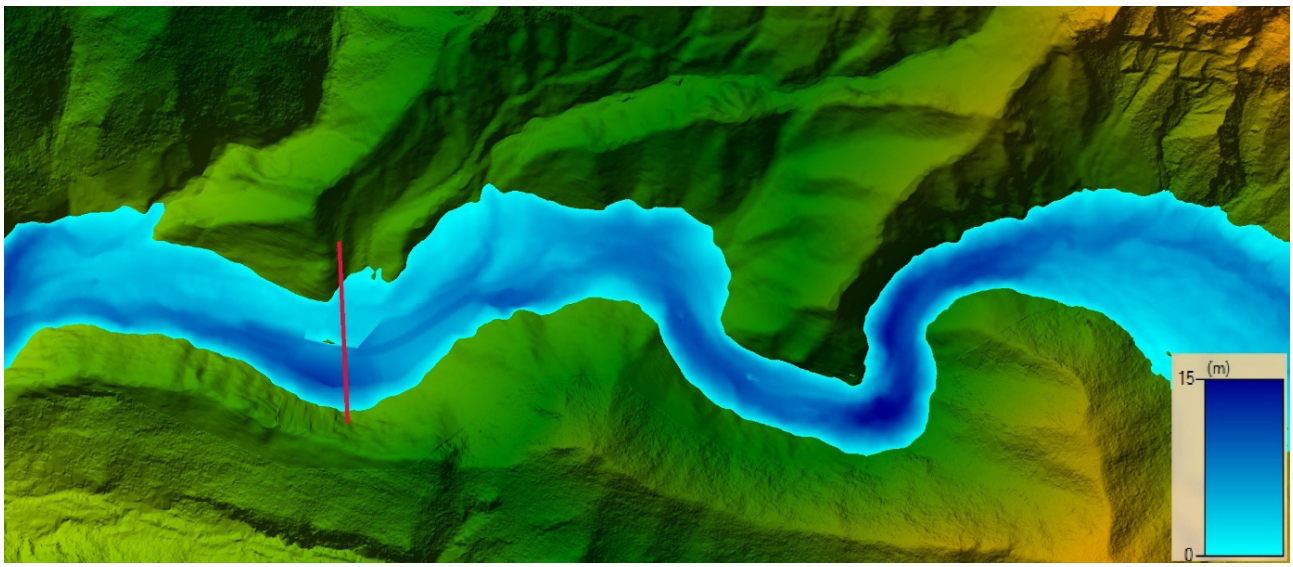
Projektni pretok čiste vode s 100-letno povratno dobo znaša Q_{100}voda = 26,74 m^3/s, vendar ta ne predstavlja merodajnega scenarija. Za oceno projektnih konic pretokov drobirskih tokov je bila uporabljena metoda EC-faktorja (angl. Event coefficient factor), ki v avstrijski praksi izraža razmerje med vršnim pretokom drobirskega toka in vršnim pretokom čiste vode (Q100). Glede na prisotnost aktivnih plazov, ki se lahko preoblikujejo v masni tok, je bil za glavni obtežbeni primer (mejno stanje nosilnosti) izbran scenarij EC=100, kar ustreza vršnemu pretoku 1543 m^3/s.

Maksimalne oz. kritične magnitude potencialnih dogodkov so bile ocenjene na podlagi volumnov aktivnih plazov in količine razpoložljive vode, ki lahko povzroči njihovo mobilizacijo. Za plaz Urbas je bila ocenjena kritična magnituda 335.500 m^3, za plaz Čikla pa 347.700 m^3. Pri obeh primerih je bila pri oceni magnitude za kritično volumsko koncentracijo (pri kateri se aktivni plaz mobilizira v drobirski tok) uporabljena vrednost C_v=0,45. Ta vrednost je bila predpostavljena skladno z ocenjeno volumsko koncentracijo drobirskega toka v Logu pod Mangartom. Na podlagi empiričnih enačb Mizuyame (1992) in Rickenmanna (1999) so bili določeni vršni pretoki drobirskih tokov: Q_p,Urbas = 2756 m^3/s in Q_p,Čikla = 2835 m^3/s, ki so bili uporabljeni pri scenarijih nezgodnih projektnih stanj.

Za hidravlično analizo objekta in določitev obremenitev na objekt je bil izdelan 2-dimenzionalni numerični model v programu HEC-RAS 6.6, ki omogoča uporabo Binghamove reologije za ne-newtonske tekočine. Model je bil umerjen na podlagi povratnih analiz preteklih dogodkov drobirskih tokov (Log pod Mangartom, Koseč, Bre-



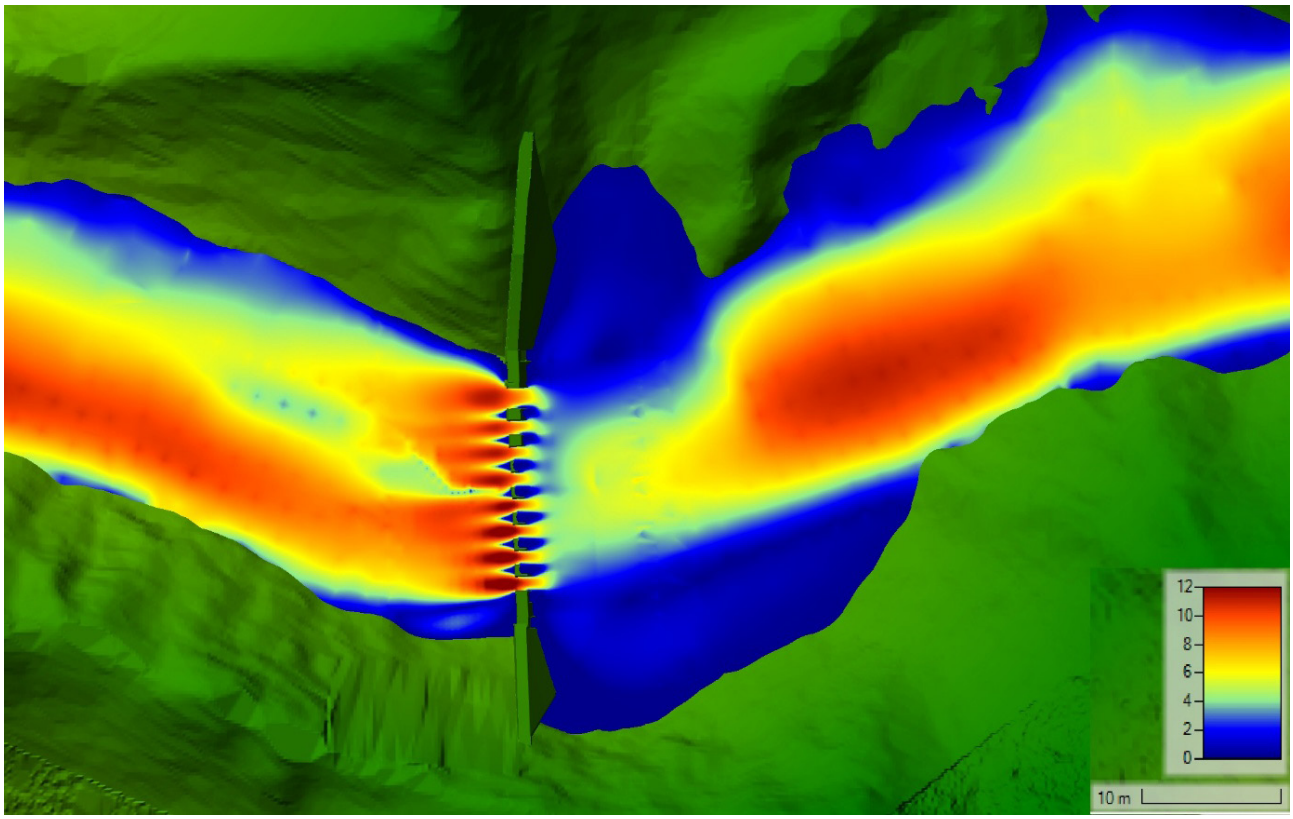
Slika 4: Prikaz maksimalnih hitrosti na območju umestitve pregradnega objekta ter gorvodno (scenarij z upoštevanjem ureditve zaplavnega prostora brez objekta). Lokacija pregrade je označena z rdečo.



Slika 5: Prikaz maksimalnih globin na območju umestitve pregradnega objekta ter gorvodno (scenarij z upoštevanjem ureditve zaplavnega prostora brez objekta). Lokacija pregrade je označena z rdečo.

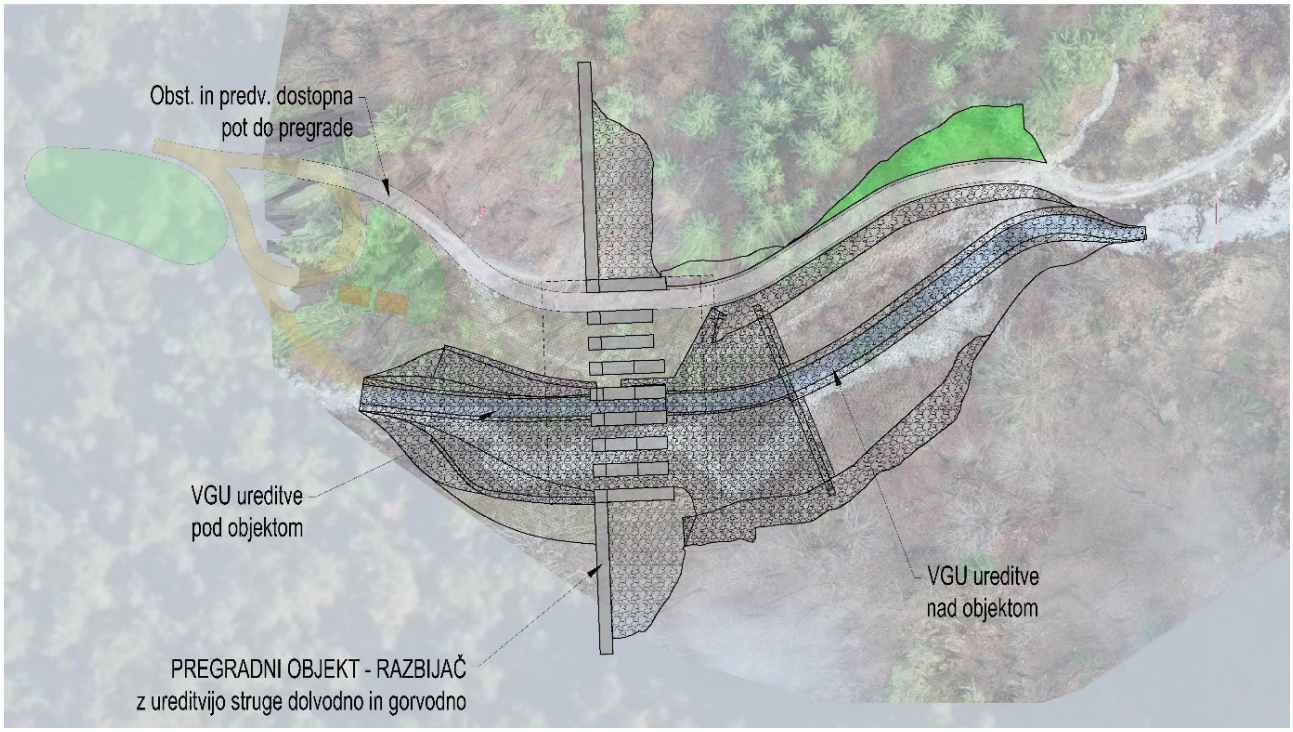
zovški graben pod Krvavcem) in modela RAMMS (GEOZS, 2020), ki je bil izdelan za območje vršaja Koroške Bele. Za reološke parametre so bile določene umerjene vrednosti volumske koncentracije: C_v = 0,45; viskoznosti: μ = 100 Pa·s in strižne trdnosti: τ = 700 Pa. Hrapavost podlage je bila v modelu definirana z Manningovimi koeficienti med 0,04 in 0,20. Računska mreža numeričnega modela je obsegala približno 70.000 celic, velikosti 5×5 m.

Numerični model je omogočil določitev hitrosti in globin drobirskega toka na območju umestitve objekta, vrednost katerih predstavlja osnovo za določitev dinamičnih obtežb na konstrukcijo. Za merodajni scenarij so bile ugotovljene maksimalne hitrosti toka do 11,7 m/s in globine toka do 8,7 m. Podane vrednosti so bile v okviru geotehničnega dimenzioniranja objekta uporabljene za določitev obtežb na konstrukcijo.



Slika 6: Prikaz hitrosti drobirskega toka na območju objekta pri scenariju EC100.

Dimenzioniranje gabaritov pregradnega objekta je bilo izvedeno z uporabo numeričnega modela, v katerega se je vključila geometrija objekta. Računske celice na območju objekta so bile zgoščene na velikost 0,5×0,5 m. Na podlagi hidravlične analize so bile določene dimenzije objekta, ki so bile upoštevane pri zasnovi objekta. Z numeričnim modelom je bilo ugotovljeno, da izbrana zasnova objekta omogoča učinkovito zmanjšanje hitrosti drobirskega toka nad objektom. Pri scenariju EC20 (dogodek manjše magnitude) se hitrosti nad objektom zmanjšajo s 7 m/s na 3–4 m/s, pri scenariju EC100 pa s 10–11 m/s na 4–5 m/s. Hkrati je bila ugotovljena ustrezna pretočnost rež objekta, kar preprečuje stransko prelivanje preko objekta ob brežinah ter prezgodnjo zapolnitev razpoložljivega zaplavnega prostora pred nastopom konice hidrograma. Tudi pri kritičnih scenarijih (maksimalne magnitude) se matica toka ohranja v osi pregrade, brez nevarnosti obtekanja kril.



Slika 7: Umestitev pregradnega objekta - razbijača

Geotehnično dimenzioniranje objekta

Geološko geotehnična izhodišča

Za potrebe priprave projektne dokumentacije za izvedbo pregradnega objekta (razbijača) se je predhodno izvedlo pester nabor geološko-geomehanskih preiskav na mikro lokaciji objekta, na podlagi katerih je bil izdelan detajlen geološko-geomehanski elaborat; št. elab. 126/2025 (Tempos d.o.o., 2025).

V sklopu predhodnih preiskav so bile izvedene 4 raziskovalne vrtine globine od 6,0 do 20,5 m, kjer sta bili dve locirani preko osi krone pregrade in po ena nad in pod pregrado za določitev vzdolžnega profila sestave temeljnih tal. Skupaj je bilo znotraj posameznih vrtin izvedenih tudi 11 SPT (standardni penetracijski preizkus) meritev, ter sočasen odvzem vzorcev za nadaljnje preiskave zemljin in hribin v laboratoriju. Preko osi pregrade je bil določen tudi geofizikalni profil dolžine 86 m, preiskan po metodi seizmične refrakcije.

Na podlagi izvedenih preiskav so bila temeljna tla z vidika stratigrafije in materialnih karakteristik razdeljena na tri značilne sloje, kjer matično podlago na dnu vrtin in plitvo pod površjem okoliških grebenov sestavljajo zrnati apnenci, ki so v debelini cca 2-3 m na dnu osrednjega dela in do 4-5 m na grebenih pretrti, razpokani. Osrednjo kotanjo nato do površja prekrivajo zameljeni grušči, ki so posledica preteklih fluvialnih nanosov in preteklih dogodkov drobirskih tokov iz zaledja. Čeprav so se dogodki dogajali v različnih časovnih razmakih in v različnih magnitudah, izrazitih con šibkosti z izvedenimi preiskavami ni bilo ugotovljenih, prav tako so izsledki iz dodatnih laboratorijskih preiskav sorodni in s tem v oziru je bil v kasnejših analizah upoštevan homogen sloj preteklih nanosov debritov. Sedimentiran material preteklih dogodkov po zrnavostni sestavi generalno spada med zameljene grušče, znotraj katerega prevla-

dujejo karbonatna zrna apnencev, ostrorobe oblike in velikosti do nekaj cm. Znotraj nanosov je prisoten znaten delež večjih kamnov/skal enake sestave. Debelina nanešenih materialov v osrednjem delu znašajo do 16-17 m, nekoliko manj (do 11 m) v osi struge vodotoka, ki se nahaja do 5 m nižje kot okoliški teren v osi pregrade.

Glede na izsledke nivoja vode v vrtinah, ki je bila v treh vrtinah nižja od nivoja vode v strugi Bele, ocenjujemo, da podtalnih pritokov na tem območju ni oziroma so zanemarljivi, saj hidrogeološko stanje odraža, da vodotok Bela napaja okoliške nanose in ne obratno.

Geostatični izračuni

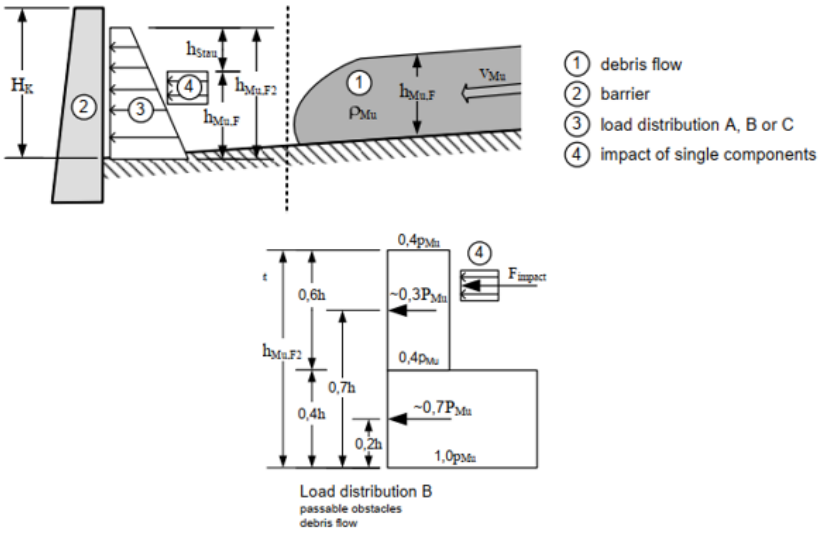
Za zagotovitev zadostne varnosti objekta v skladu s trenutno veljavnimi standardi iz EC so bile opravljene geostatične in stabilnostne analize, ki so bile izvedene s programskim orodjem Geo5 (modula Cantilever Wall in Slope Stability). Analize so bile izdelane skladno z veljavnimi standardi EC7, po projektnem pristopu 2 (A1 + M1 + R2) in 3 (A2+M2+R3).

Razbijač oziroma pregradni objekt je bil analiziran preko dveh kritičnih prerezov, preko osi struge vodotoka in preko dostopne poti, pri čemer gre pri prvem za višinsko gledano 3m nižji razbijač z nižjim konstrukcijskim zasutjem dna, v drugem primeru pa je razbijač višji, a je tudi predvidenega konstrukcijskega zasutja na tem delu znatno več. Takšna oblikovanost pregrade je posledica zagotavljanja matice potencialnega drobirskega toka v osrednjem delu doline, kot nenazadnje zagotavljanje dostopne poti za primer čiščenja zaplavnega prostora v času po dogodkih oziroma dostopnosti gozdnih površin v času običajnega obratovanja.

Osnova za pripravo obtežnih primerov geostatičnih analiz so rezultati hidrološko-hidravlične analize razvoja drobirskega toka, iz katerih so bile določene osnovne lastnosti potujočega vala, kot sta hitrost in višina drobirskega toka tik pred trkom v razbijač. Na podlagi teh rezultatov se je preko enačbe (Hübl in Holzinger, 2003; povzeto iz Suda, J., Hübl, J. in Bergmaister, 2010.) in privzetih parametrov ocenilo jakost udara drobirskega toka. Izračunano jakost udara drobirskega toka se je nato skladno s shemo razporeda obremenitve za pretočne objekte apliciralo na geotehnični model konstrukcije.

Jakost drobirskega toka je bila ocenjena za dva obtežna primera iz hidrološko-hidravlične analize, kjer se je v prvem primeru s hidravličnim modelom simuliralo vplive projektnega pretoka $Q100_{vode}$ pomnoženega s faktorjem EC=100 (EC – event coefficient factor), kar je v našem primeru predstavljalo glavno obtežbo, katero mora pregradni objekt prevzeti ob normalnih stanjih v času svoje življenjske dobe (t.i. stalna projektna situacija). Drugi primer je bil določen kot t.i. kritični pretok drobirskega toka, ki predstavlja t.i. nezgodno projektno situacijo. Znotraj analiz je bil preverjen tudi vpliv potresne obremenitve, kjer je bil za izhodišče privzet projektni pospešek temeljnih tal a_g = 0,225 g (tip tal A, Tr = 475 let) in faktor za tip temeljnih tal E.

Na podlagi različnih jakosti udara drobirskega toka ali potresne obremenitve, stanja zaplavnega prostora (upoštevano različno zasutje v zaledju zaradi manjših predhodnih periodičnih dogod-



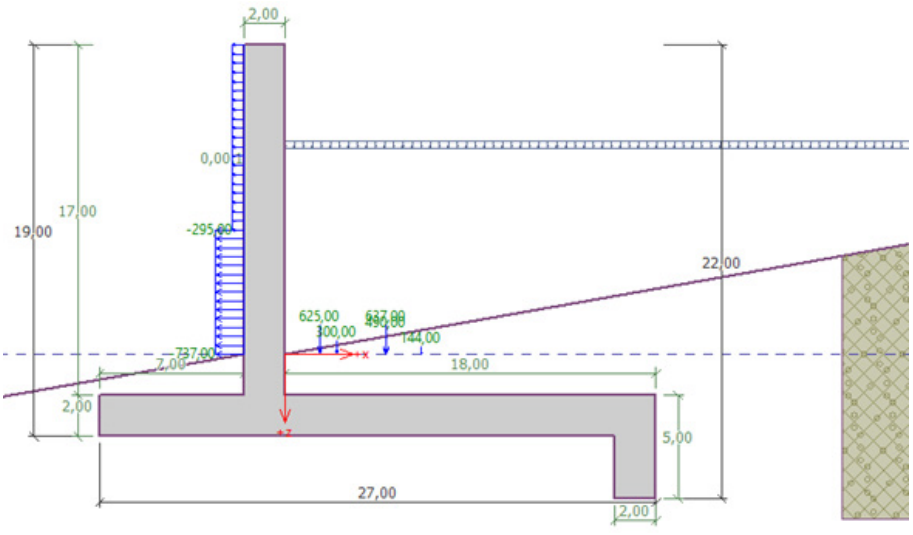
Slika 8: Shema razporeda obtežbe na pregradni objekt zaradi udara drobirskega toka (povzeto iz Suda et al., 2010.).

kov, ki bi morebiti delno ali v celoti zasuli zaledni prostor pred obravnavanim dogodkom), ter upoštevanjem obeh kritičnih prerezov modela, je bilo na zdrs, prevrnitev in globalno stabilnost preverjenih 16 kombinacij. V splošnem (brez upoštevanja jakosti udara drobirskega toka in različnih geometrijskih prerezov razbijača) je bil analiziran (1) pregradni objekt s praznim zaplavnim prostorom in polnim udarom drobirskega toka, (2) do polovice zapolnjen pregradni objekt in udar drobirskega toka, (3) pregradni objekt z zapolnjenim zaplavnim prostorom in prelivanje drobirskega toka, (4) do polovice zapolnjen pregradni objekt in potresna obremenitev, ter (5) zapolnjen pregradni objekt in potresna obremenitev.

Na podlagi izvedenih kombinacij je bil dimenzioniran optimalen temelj razbijača, ki zadosti vsem kontrolam vseh analiziranih kombinacij. Kot kritični primer se je izkazal model s praznim zaplavnim prostorom, polnim udarom drobirskega toka iz kritičnega hidrološko-hidravličnega primera (nezgodna projektna situacija) in upoštevanjem nižjega razbijača v osrednjem delu struge, kjer je bilo upoštevano nižje konstrukcijsko zasutje temeljne plošče z zobom. Za omenjeni primer je bila kritična kontrola zdrsa konstrukcije. Z vidika prevrnitve konstrukcije je ključno kombinacijo predstavljal višji razbijač (prerez preko dostopne poti; izven osi struge) s polovico zapolnjenim zaplavnim prostorom in udarom drobirskega toka iz kritičnega hidrološko-hidravličnega primera (nezgodna projektna situacija). Z vidika globalne stabilnosti pa je ključno kombinacijo predstavljal primer nižjega razbijača (prerez v osi struge) z zapolnjenim zaplavnim prostorom in potresno obremenitvijo. Slednji kombinaciji sta sicer zahtevali manjše dimenzije temelja in v celostnem kontekstu ustreznega dimenzioniranja nista bili referenčni.

Na podlagi izsledkov izvedenih analiz je temelj objekta definiran s temeljno ploščo debeline 2 m z dolžino zaledne pete 18 m in 7 m dolgim podaljšanjem temelja pred steno razbijača. Debelina razbijača je bila privzeta na 2 m, kar nanese skupne dolžine temelja 27 m. Na zadnjem delu temeljne plošče je potrebna poglobitev z zobom širine 2 m in višine 3 m. Poleg definiranih dimenzij temelja je ključno, da se nad temeljno ploščo izvede minimalno 2m konstrukcijskega zasutja, ki bo na mestu razbijača predstavljal nasutje drobljenca in kamnitobetonsko oblogo dna struge na vtočnem delu in pod objektom kot podslapje. Določitev notranjih statičnih količin za dimenzioniranje armature je izvedeno znotraj statičnega izračuna konstrukcije, kjer so bile na statični model aplicirane enake kombinacije obtežb.

V sklopu stabilnostnih analiz je bilo dodatno ugotovljeno, da kritične primere predstavljajo primeri s polnim zasutjem z zaledne strani in ničnim s sprednje, kar med naravnim dogodkom drobirskega toka skozi razbijač ni najbolj realna ocena, saj se material odlaga tudi pod samim objektom. Z ozirom na omenjeno želimo poudariti pomembnost obratovanja oziroma čiščenja takšnega objekta, kjer se v takšnem primeru čiščenje izvaja sočasno s sprednje in zadnje strani, da antropogeno ne poslabšujemo globalne stabilnosti objekta. Analizirani primeri sicer predstavljajo kritični prerez v 2-dimenzionalnem prostoru, pri čemer pa je objekt preko kril dodatno vpet v kompaktno matično podlago iz zrnatih apnencev in njegova stabilnost ni vprašljiva.



Slika 9: Potrebne dimenzije temelja objekta (z apliciranimi obtežbami kritičnega udara drobirskega toka - analizirana kombinacija – kritičen zdrs).

Statična analiza objekta

Objekt je zasnovan v masivni armiranobetonski (AB) izvedbi. Sestavljen je iz temeljne plošče, konzolnih sten, ki so usmerjene v smeri vodotoka, in dveh bočnih kril, ki so usmerjena prečno na vodotok in se vpenjajo v okoliško hribino. Debelina vseh elementov bo 2,0 m. Dolžina objekta prečno na vodotok znaša 93,0 m, v vzdolžni smeri vodotoka pa 27,0 m. Konzolne stene bodo dveh različnih višin, in sicer 17,0 m in 20,0 m. Dolžina konzolnih sten bo od 10,25 m do 12,55 m.

V sklopu kontrole mehanske odpornosti in stabilnost je bila izvedena statična in potresna analiza objekta. Pri statičnemu preračunu smo poleg lastnih in stalnih vplivov upoštevali vplive stalno prisotnih zemeljskih vplivov, hidrostatske pritiske, krčenje in vplive zaradi drobirskega toka. Slednji predstavlja merodajni vpliv, ki povzroča največje notranje statične količine. Vpliv drobirskega toka smo upoštevali v osmih različnih obtežnih primerih, ki ponazarjajo različne situacije zasutja pregrade in različne jakosti obtežbe, pri čemer smo vpliv drobirskega toka zajeli ločeno kot spremenljiv vpliv (Q) in kot nezgodni vpliv (A). Potresni vpliv z osnovnimi vhodnimi podatki a_g=0,225 g, tip tal E, γ_I=1,0 in q=1,5 v obravnavanem primeru ne povzroča merodajnih rezultatov.

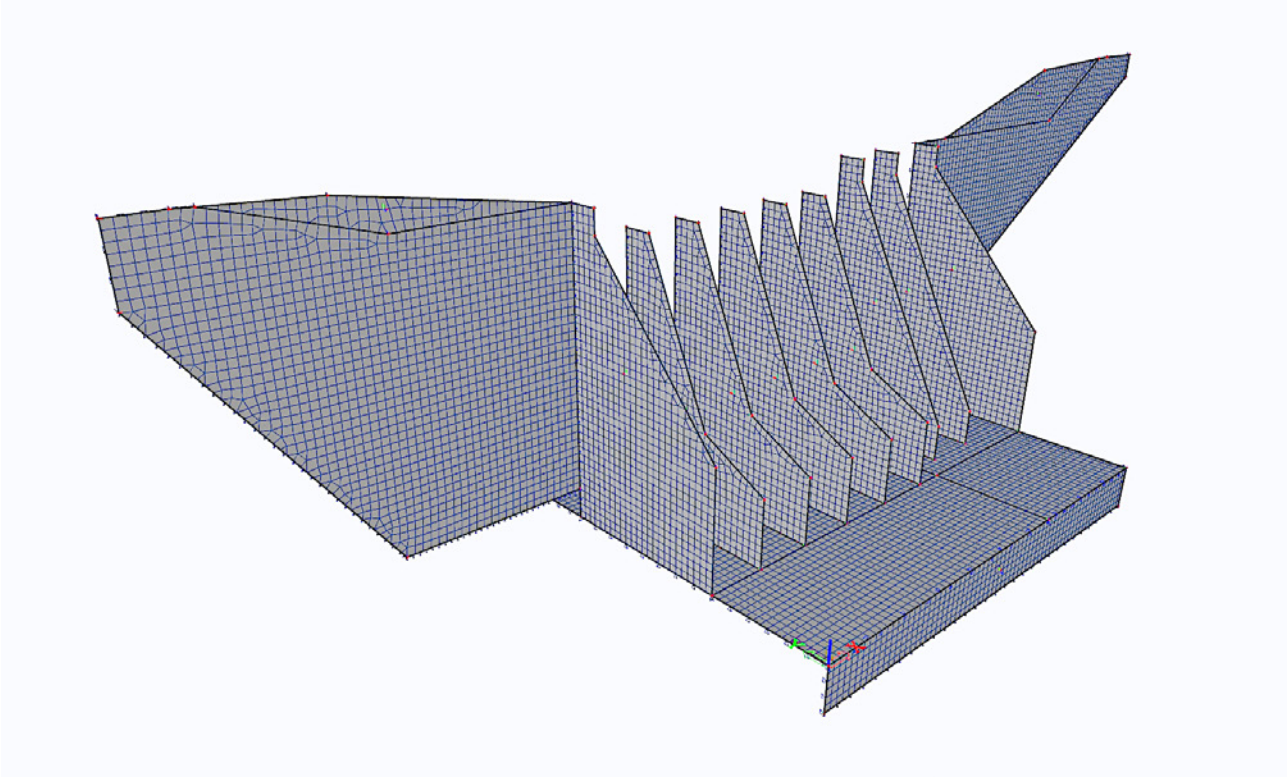
Posledica izjemnih vrednosti ploskovne obtežbe udara drobirskega toka, ki znašajo do 921 kN/m^2, so velike notranje statične količine v nosilni konstrukciji in s tem povezana velika potreba po jekleni armaturi, ki mestoma dosega vrednost 300 cm^2. Za najbolj obremenjena mesta konstrukcije smo izbrali armiranje s palicami Φ32mm v razmiku 10 cm in v štirih slojih. Stopnja armiranja zaradi masivnosti konstrukcije ne presega omejitve 4%, temveč dosega vrednosti do 2%.

Pri izdelavi armaturnih načrtov je bilo potrebno upoštevali omejitve pri gradnji, in sicer smo zaradi težko dostopne lokacije načrtovanega objekta omejili dolžine palic na 6 m. Omejitev vpliva na število preklopov palic, in sicer jih podvoji, kar pri palicah premera 32 mm in dolžini preklopov 160 cm znatno poveča količino armaturnega jekla.

Celotna količina jekla znaša okoli 1080 ton, kar na kubaturo vgrajenega betona, ki znaša okoli 4500 m^3, nanese razmerje med jeklom in betonom v vrednosti 240 kg/m^3.

Zaključki

V prispevku je prikazan del projekta za izvedbo najnujnejših ukrepov za zmanjševanje ogroženosti zaradi delovanja drobirskih tokov v naselju Koroška Bela v občini Jesenice. Predstavljen je projekt razbijača drobirskega toka, ki predstavlja po več kot dveh desetletjih prvi tak projekt v Sloveniji. Na kratko je prikazana kompleksnost



Slika 10: Prostorski računski model za preračun nosilne konstrukcije.

procesa načrtovanja in posamezne faze. Zaradi pomanjkanja smernic v Sloveniji smo se pri načrtovanju naslonili na smernice iz sosednje Avstrije. Obravnavani so različni obtežni primeri in izvedeno ustrezno dimenzioniranje.

Glede na to, da hudourniki in z njimi povezana problematika, sploh v povezavi z aktivnimi plazovi v zaledju, predstavlja resen problem na področju zmanjševanja ogroženosti, bi bilo potrebno to problematiko obravnavati skrajno resno in storiti korak naprej na področju načrtovanja kot tudi ocenjevanja nevarnosti in ogroženosti, ki je trenutno pri nas povsem spregledano. Ocenjevanje nevarnosti je prvi korak v smeri zmanjševanja ogroženosti zaradi naravnega pojava kot je drobirski tok.

Predstavljeni primer je lep primer, da je možno določene ukrepe izvesti tudi preden se zgodi katastrofa kakršni smo bili priča v Logu pod Mangartom, čeprav je od začetka raziskav do implementacije ukrepa trajalo več kot 20 let...

Viri

Četina, M., Rajar, R., Hojnik, T., Zakrajšek, M., Krzyk, M., Mikoš, M., 2006. Case Study: Numerical Simulations of Debris flow below Stože, Slovenia. Journal of Hydraulic Engineering: 121-130, February 2006.

GEOZS s podizvajalci, 2017. Izvedba najnujnejših inženirsko-geoloških, hidrogeoloških, geofizikalnih in geomehanskih ter geodetskih raziskav za ugotovitev objektivne stopnje tveganja za prebivalstvo zaradi masnih premikov na območju Potoške planine in izdelava strokovnih podlag s predlogi zaščitnih ukrepov. Arhivska številka: J-II-30d/b2-1/577. Ljubljana, 2017).

GEOZS s partnerji, 2020. Podrobna geološka-geotehnična in hidrogeološka karakterizacija velikih plazov v zaledju naselja Koroška Bela za potrebe izdelave stabilnostnih analiz in študijo izvedljivosti sanacijskih rešitev – Krovno poročilo. Evidenčna številka: 631-260/2020. Ljubljana, 2020.

Hübl, J., Holzinger, G., 2003. "Entwicklung von Grundlagen zur Dimensionierung kronenoffener Bauwerke für die Geschiebebewirtschaftung in Wildbächen: Kleinmaßstäbliche Modellversuche zur Wirkung von Murbrechern", WLS Report 50 Band 3. Im Auftrag des BMLFUW VC 7a (unveröffentlicht). Wien: Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur.

Hübl, J., 2006. Studienunterlagen Wildbachverbauung, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur Wien (unveröffentlicht)

Jež, J., Mikoš, M., Trajanova, M., Kumelj, Š., Budkovič, T., Bavec M., 2008. Vršaj Koroška Bela – Rezultat katastrofičnih pobočnih dogodkov. Geologija, 51(2), 219-227

Kaltak, S., 2018. Mathematical modeling of debris flows and formation of torrential fans. University of Ljubljana MSc Thesis, 95 p., https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=116663&lang=slv (Last visited: June 7, 2020).

Rickenmann, D., 1999. Empirical relationships for debris flows. Natural Hazards 19: 47–77.

Rudolf-Miklau, F., Suda, J., 2011. Technical standards for debris flow barriers and breakers. International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment, Proceedings. 1083-1091. 10.4408/IJEGE.2010-02.0-02.

Rudolf-Miklau, F., Hübl, J., Suda, J., 2014. Standardized stress model for design of torrential barriers under impact by debris flow (according to Austrian Standard Regulation 24801).

Sodnik, J., 2009. Matematično modeliranje drobirskih tokov in priprava podrobnih kart nevarnosti. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, oddelek za gradbeništvo, hidrotehnična smer.

Sodnik, J., 2017. Ocenjevanje nevarnosti zaradi delovanja drobirskih tokov na hudourniških vršajih : doktorska disertacija [na spletu]. Doktorska disertacija. [Dostopano 16 julij 2025].

Suda, J., Hübl, J., Bergmeister, K., 2010. Design and construction of high stressed concrete structures as protection works for torrent control in the Austrian Alps.

Suda, J., Bergmaister, K., 2020. VII Wildbachsperren, Beton-Kalender 2020.

Tempos d.o.o., 2025. GG elaborat za izvedbo pregradnega objekta na Beli (Koroška Bela), št. elab. 126/2025.

OCENJEVANJE STANJA IN PREDNOSTNO RAZVRŠČANJE OBJEKTOV NA HUDOURNIKIH V OBMOČJU OSP: UPORABA INDEKSA PRIORITETE VZDRŽEVANJA (MPI) ZA IZBOLJŠANJE ODPORNOSTI NA EKSTREMNE VREMENSKE DOGODKE

Luka Žvokelj, mag. inž. agr.,
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, Luka.Zvokelj@bf.uni-lj.si

doc. dr. Sara Cucchiaro, Univerza v Vidmu, Oddelek za kmetijstvo, prehrano, okolje in živinorejo, Via delle Scienze, 206, 33100 Videm, Italija sara.cucchiaro@uniud.it

prof. dr. Federico Cazorzi, Univerza v Vidmu, Oddelek za kmetijske, prehrambene, okoljske in živalske znanosti, Via delle Scienze, 206, 33100 Videm, Italija federico.cazorzi@uniud.it

izr. prof. dr. Nejc Bezak, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Hajdrihova 28, Ljubljana Nejc.Bezak@fgg.uni-lj.si

Mojca Fabbro,
Regionalni razvojni center Koper, ul. 15. maja 19, 6000 Koper, mojca.fabbro@rrc-kp.si

doc. dr. Vesna Zupanc, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, vesna.zupanc@bf.uni-lj.si

Povzetek

Pogostejša pojavnost ekstremnih vremenskih pojavov je povečala potrebo po učinkovitem upravljanju hidrotehničnih objektov na hudournikih za zmanjšaje hidrogeomorfoloških tveganj. Natančno in učinkovito načrtovanje ukrepov in posegov je postalo bistveno za preprečevanje geohidroloških nevarnosti, ki pogosto segajo prek upravnih meja. Na ranljivih območjih Slovenije in Italije, je sprejetje skupne strategije ključnega pomena za zaščito infrastrukture, premoženja in življenj.

Dvoletni projekt TORRENT, sofinanciran s strani Evropske unije v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija (www.ita-slo.eu/torrent) je čezmejna pobuda, ki obravnava te izzive. Univerza v Ljubljani skupaj z Univerzo v Vidmu, Avtonomno regijo Furlanija Julijska krajina in Regionalnim ra-

zvojnim centrom Koper strmimo h glavnim ciljem projekta, ki so: (1) vzpostaviti skupne smernice za spremljanje in ocenjevanje stanja in funkcionalnosti hudourniških pregrad, (2) oceniti dolgoročno učinkovitost, (3) določitev prednostnih nalog pri vzdrževalnih posegih in (4) izboljšanje strategij za upravljanje porečij in tveganj.

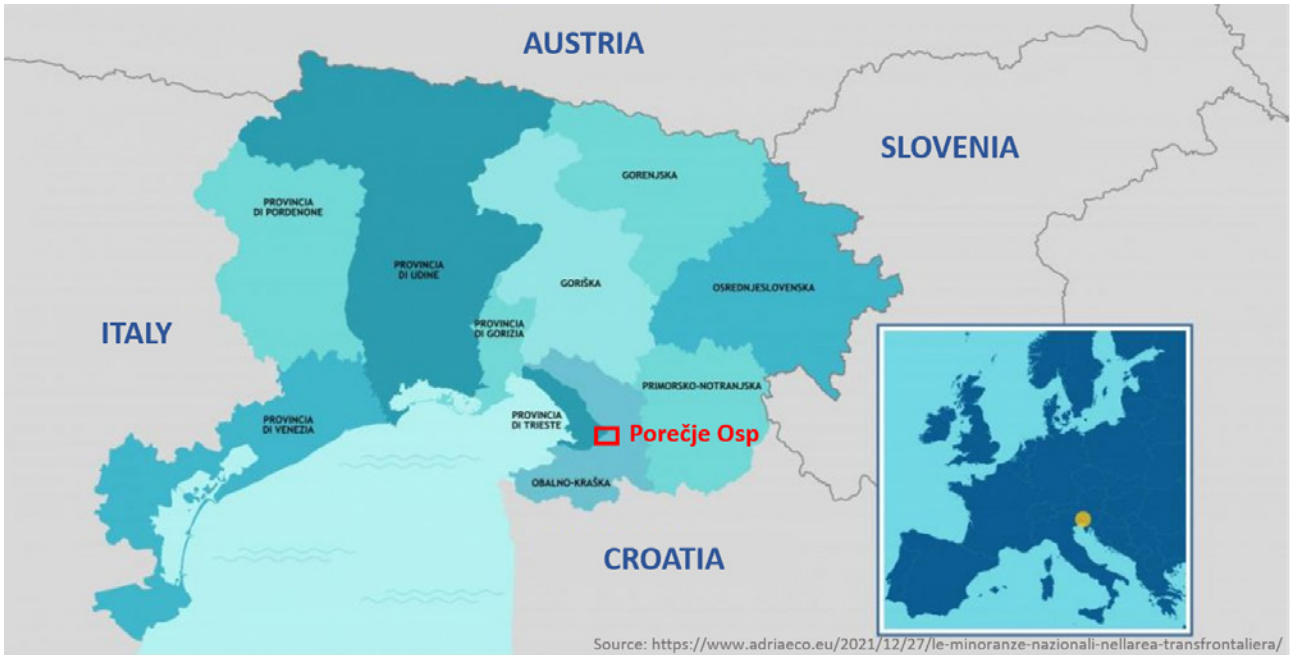
Projekt vključuje obsežne terenske raziskave za dokumentiranje in ocenjevanje obstoječih hudourniških objektov. V obalno-kraški regiji, v porečju reke Osp (na pritoku Trnovšca), je bilo pregledanih 63 hudourniških objektov. Zabeležene so bile njihove dimenzije in stanje, podatki pa so bili uporabljeni za izračun indeksa prioritete vzdrževanja (MPi). Ta omogoča objektivno oceno potreb po vzdrževanju (Cucchiaro in sod., 2024) in služi kot praktično orodje za usmerjanje dodeljevanja virov, s čimer se zagotovi, da so vzdrževalna dela usmerjena v najbolj kritična območja.

Uvod

V zadnjem desetletju, ko se ekstremni vremenski pojavi pojavljajo vse pogosteje, je natančno, trajnostno in učinkovito načrtovanje objektov za nadzor hudournikov postalo bistveno za zmanjšanje škode zaradi hudournikov in premeščanja sedimentov. Objekti na hudournikih so ena najpogostejših hidravličnih konstrukcij ki se že več kot 150 let gradijo prečno čez morfološko aktivne potoke v gorskih regijah (Piton in sod. 2017). Obstojnost teh objektov je odvisna od več dejavnikov, vključno z zasnovo objekta, gradbenimi materiali, rednim vzdrževanjem in obremenitvami, ki so jim izpostavljeni (Cislaghi in sod., 2024). Poleg postopne izgube učinkovitosti lahko pomanjkanje vzdrževanja povzroči propad objekta z nenadnim izpustom velikih količin sedimentov, kar posledično poveča nevarnosti v dolini in ogrozi celoten načrt za obvladovanje tveganj (Cucchiaro in sod., 2019). Pri načrtovanju ukrepov pogosto primanjkuje informacij o učinkovitosti obstoječih objektov in poglobljenih študij za analizo dinamike transporta sedimentov in interakcije z morebitnimi obstoječimi objekti na hudournikih. V zadnjih desetletjih so omejeni finančni viri za novo gradnjo in redno vzdrževanje zmanjšali učinkovitost teh objektov. Zaradi vse pogostejših ekstremnih vremenskih pojavov sta njihova natančna, trajnostna in učinkovita zasnova in vzdrževanje pomembnejša kot kdaj koli prej. V tem kontekstu sta spremljanje in vzdrževanje obstoječih objektov nepogrešljiva ukrepa.

V okviru projekta smo izvedli terenske raziskave za popis in oceno stanja ter funkcionalnosti hidrotehničnih objektov na hudournikih. Pridobljene informacije so bile uporabljene za izračun indeksa prioritete vzdrževanja (MPi), ki oceni objekte na podlagi dejavnikov, kot so odlaganje naplavin, erozijski procesi in splošno stanje objekta.

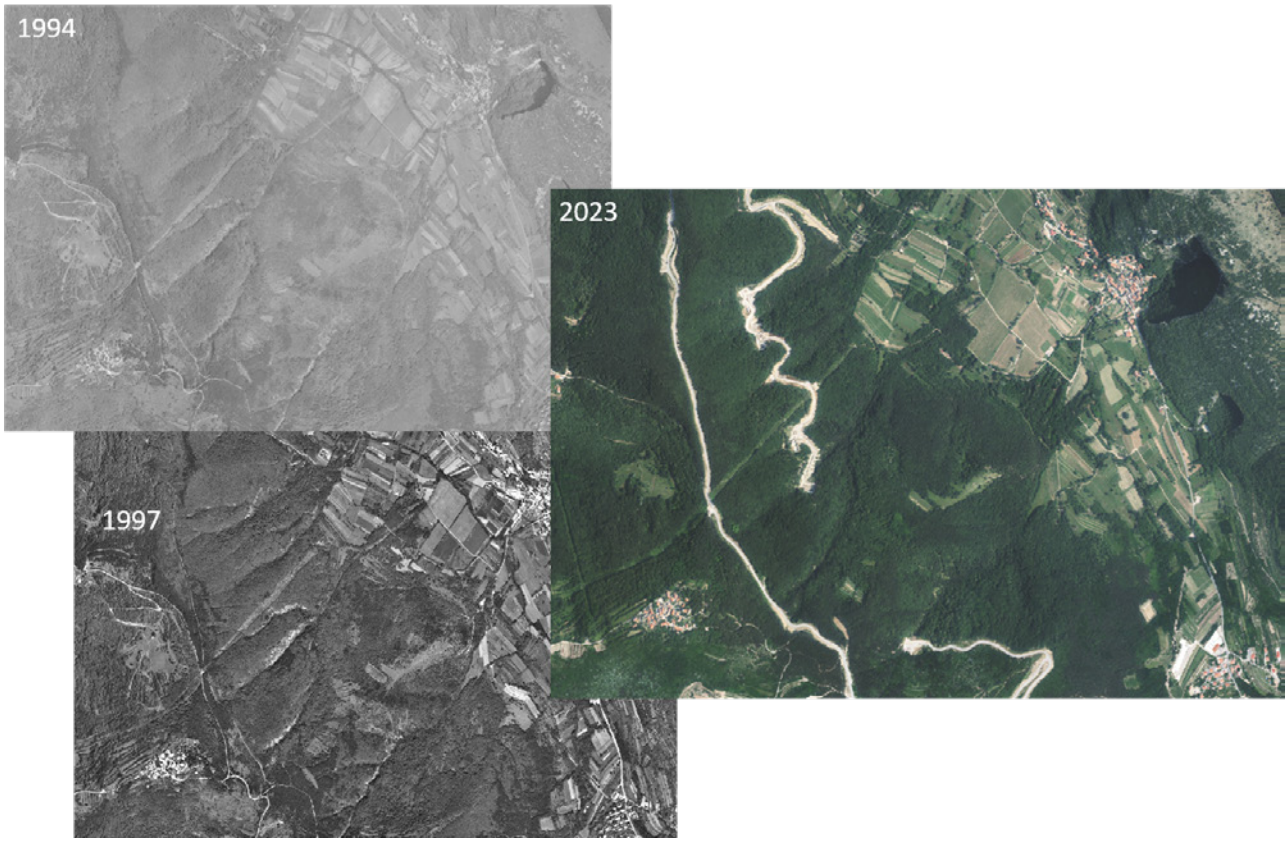
V Sloveniji so izbrana študijska območja Brezovški in Lukenjski graben pod Krvavcem ter potok Trnovšca v Osapski dolini v porečju reke Rižane. Na teh območjih ocenjujemo grajene hudourniške objekte v različnih geomorfoloških in podnebnih pogojih. V prispevku bomo opisali delo in rezultate v porečju reke Osp (slika 1).



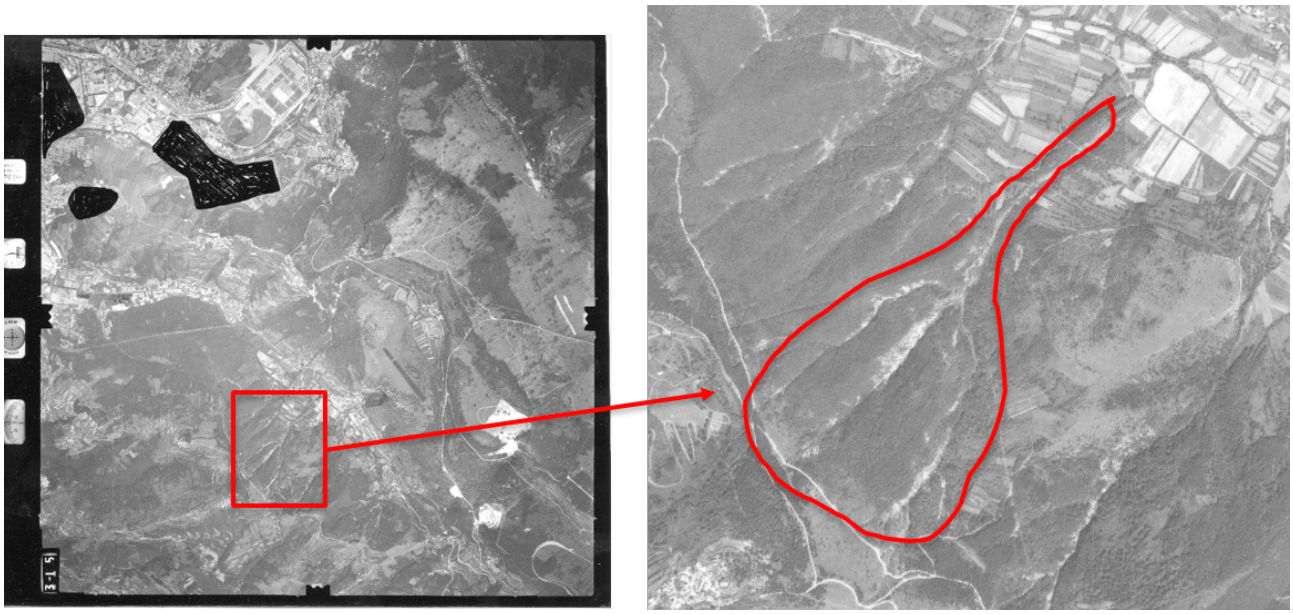
Slika 1: Karta območja Interreg Italija-Slovenija in lokacija opazovanega porečja reke Osp, označena z rdečim kvadratom.

Materiali in metode

Za zagotovitev učinkovitosti in doslednosti pri ocenjevanju objektov na hudournikih je bistveno, da se pred izvedbo terenskih raziskav pripravi zgodovinska baza podatkov. S pomočjo katastrskih zapisov, ki zagotavljajo temeljne informacije o lokaciji, zasnovi in zgodovini gradnje objektov, lahko raziskovalci lažje načrtujemo ciljne in celovite terenske raziskave. Ti arhivi ponujajo tudi časovno izhodišče za ocenjevanje dolgoročne učinkovitosti objektain povezovanje sedanjih razmer s preteklimi posegi, materiali in zgodovino vzdrževanja. V kombinaciji z novimi podatki s terena in analizami daljinskega zaznavanja zgodovinska baza podatkov zagotavlja sledljivost podatkov in podpira razvoj indeksov, kot je MPi. Skupne metode za zbiranje in naknadno obdelavo podatkov so bistvene za zagotavljanje učinkovite izmenjave informacij tekom projekta.



Slika 2: primer Ortofoto posnetkov za opazovano območje Trnovšce iz let 1994, 1997 in 2023.



Slika 3: Primer fotograma iz leta 1984, kjer je prikazano opazovano območje Trnovšce, najdeno v arhivih Univerze v Vidmu.

Na javnem vpogledu (javni vpogled, 2025 - https://ipi.eprostor.gov.si/jv/) smo za lokacijo Osp našli posnetke Ortofoto, posnete v letih 1994, 1997, 2000, 2003, 2006, 2009, 2012, 2014, 2017, 2020 in 2023 (slika 2). Najstarejše zračne posnetke pa smo v obliki fotogramov iz leta 1984 našli v arhivih v Univerze v Vidmu (Slika 3).

Za namen spremljanja dinamike transporta sedimentov in interakcije z objekti za nadzor hudournikov, so potrebne natančne topografske meritve. Te meritve se lahko izvedemo z digitalno fotogrametrijo ali laserskim skeniranjem, s tal, z dronom ali letalom. Za zagotavljanje doslednosti in uporabnosti podatkov, smo upoštevati naslednje smernice za izvajanje topografskih meritev:

- Georeferenciranje: Meritve morajo uporabljati referenčni sistem ETRS 89 / UTM 33N za italijansko in slovensko ozemlje (EPSG: 25833). Ta sistem je primeren, ker območje UTM 33N zajema tako Furlanijo-Julijsko krajino kot Slovenijo in je združljiv z geografskimi informacijskimi sistemi (GIS). Koordinate X, Y, Z je treba po potrebi za manj izkušene uporabnike navesti tudi v globalnem geografskem referenčnem sistemu WGS84 (EPSG: 4326).
- Doslednost: Raziskave morajo biti usklajene s preteklimi raziskavami z uporabo postopkov sočasne registracije podatkov.
- Analiza napak: Kakovost podatkov je treba preveriti z uporabo kontrolnih točk na tleh (GCP), izmerjenih z GNSS.
- Digitalni modeli višine (DEM): Raziskave morajo proizvajati visokoločljive DEM (najmanj 1 m), ki so bistveni za multitemporalne analize na pilotnih območjih.

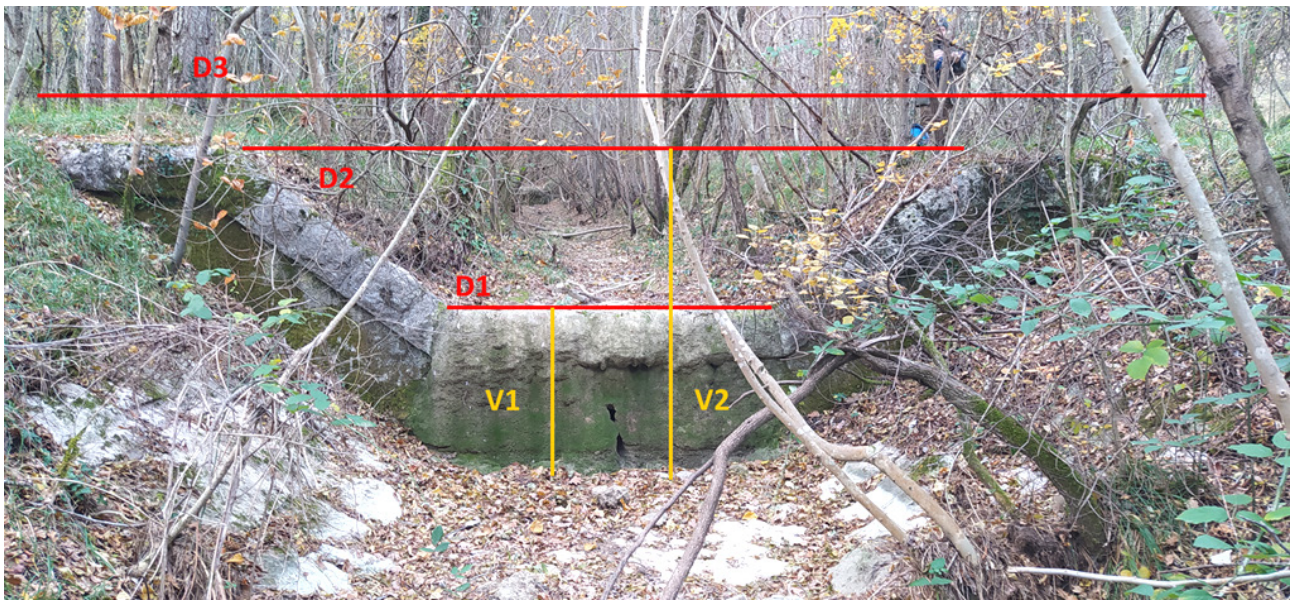
Za izvedbo terenskih raziskav obstoječih objektov na hudournikih smo uporabili metodologijo po Cucchiaro in sod., 2024, ki vključuje podrobne ocenjevalne tabele (tabela 1 in 2) za sistematično dokumentiranje vsakega objekta. Ta integrirana metodologija zagotavlja, da so podatki o objektih za nadzor hudournikov natančni, dosledni in primerni za dolgoročno analizo, oceno tveganja in načrtovanje upravljanja. S tem smo zbrali najnovejše informacije s terena o stanju in funkcionalnosti obstoječih objektov ter ustvarili aktualno bazo podatkov za opazovana povodja (tabela 3).

Tip objekta	Osnovni konstrukcijski elementi	Oznake	Ocena trenutnega stanja objekta
Običajen objekt na hudourniku	Preliv, glavni del pregrade, temeljenje, krila, filtri	Ni bilo zaznanih večjih poškodb.	1 = Dobro
		Opazne poškodbe vsaj enega dela	0.5 = Poškodovano
		Porušitev objekta	0 = Uničeno

Tabela 1: Indeksi in ocene, ki se nanašajo na strukturno stanje različnih vrst objektov (Cucchiaro in sod., 2024).

Tip objekta	Glavna funkcija	Pričakovani vpliv	Oznake	Ocena trenutne funkcionalnosti
Običajen objekt na hudourniku	Stabilizacija struge	Preprečitev širitve struge in poglabljanja dna	- Poglabljanje dna struge; - Transport plavin poteka mimo pregrade; - Transport plavin poteka mimo preliva;	1 = ni mogoče zaznati nobene od oznak
				0.5 = vsaj ena oznaka je zaznana
				0 = vsaj dve oznaki sta zaznani
	Utrditev vira plavin	Zaustavitev dotoka plavin iz izvornih območij z odlaganjem gorvodno od pregrade	- Aktivno erozijsko območje; - Poglabljanje dna ali bočna erozija;	1 = ni mogoče zaznati nobene od oznak
				0.5 = vsaj ena oznaka je zaznana
				0 = vsaj dve oznaki sta zaznani
	Regulacija pretoka plavin	Regulacija pretoka plavin v gorvodnem delu pregrade	Odlaganje naplavin preko objekta, kar pomeni da ni več vpliva pregrade	1 = Ni dokazov, da bi se nad pregrado odlagale naplavine
				0.5 = dokazi o odlaganju naplavin na območju preliva
				0 = dokazi o odlaganju naplavin čez preliv in krilo
	Zadrževanje plavin	Odlaganje naplavin	Prenapolnjenost pregrade	1 = Pregrada ni napolnjena do preliva
				0.5 = Pregrada je napolnjena do preliva
				0 = Pregrada napolnjena do krone in transport plavin preko preliva in kril pregrade

Tabela 2: Indeksi in ocene za glavne funkcije različnih vrst objektov (Cucchiaro in sod., 2024).



Slika 4: Primer manjšega objekta na hudourniku z označenimi popisanimi dolžinami za oceno stabilnosti in dolgoročne trajnosti objektov.

Za oceno stabilnosti in dolgoročne trajnosti objektov na hudournikih je potrebno zabeležiti njihovo višino, dolžino, širino in gradbeni material (slika 4). Ti parametri določajo efektivno prostornino zadrževanja (skupaj s topografijo terena), zmogljivost zadrževanja sedimentov in potencial razpršitve energije vsakega objekta, kar neposredno vpliva na njegovo vlogo pri stabilizaciji struge in regulaciji sedimentov (Piton in sod., 2017). Razlike v višini in širini lahko razkrivajo postopno deformacijo, izpodkopavanje ali prekomerno polnjenje s sedimentom (Mazzorana in sod., 2018), medtem ko skupna dolžina pomaga oceniti strukturno integracijo z bregovi kanala. Informacije o gradbenih materialih, dajejo vpogled v mehansko trdnost, odpornost proti eroziji in pričakovano življenjsko dobo pod ponavljajočimi hidrogeomorfnimi obremenitvami (Cucchiaro in sod., 2019). Ti parametri omogočajo primerjavo zgodovinskih namer oblikovanja s trenutno zmogljivostjo, podpirajo natančno klasifikacijo tipologij objektov in prispevajo k zanesljivejši oceni MPi in prihodnjih potreb po vzdrževanju.

MPi je preprosto, objektivno in prenosljivo orodje za ocenjevanje stanja objektov in njihove funkcije. Razvršča objekte glede na potrebe po vzdrževanju in služi kot uporabniku prijazen pripomoček za usmerjanje dodeljevanja virov. Ta indeks je bil razvit na podlagi terenskih ocen fizičnega stanja in funkcionalnosti, omogoča hitro prepoznavo objektov, ki nujno potrebujejo vzdrževalno delo ali obnovo. Predstavlja praktično in stroškovno učinkovito metodo za podporo odločanju pri upravljanju nevarnost, ki jih predstavljajo hudourniki, kjer zaradi omejitve finančnih virov zahtevajo določitev prednostnih nalog (Piton in sod., 2017). Pridobljene informacije podpirajo razvoj dolgoročnih strategij za odpornost na nesreče, zmanjšanje posledic hudournikov, obvladovanje njihove nevarnosti in prilagajanje podnebnim spremembam. S tem se krepi splošna odpornost regije na ekstremne vremenske pojave.

Stanje objektov na hudourniku Trnovšca je bilo ocenjeno z uporabo MPi, ki so ga razvili Cucchiaro in sod. (2024). Ta zagotavlja preprosto in enostavno merilo prioritete vzdrževanja, tako da združuje stanje objekta njegovo funkcionalnost v eno normalizirano vrednost, ki sega od 0 (brez prioritete vzdrževanja) do 1 (najvišja prioriteta vzdrževanja). Za izračun se uporablja enačba:

$$MPi = 1 - \left(Ocena_{status} \times \left(\frac{Ocena_{status} + Ocena_{funkcionalnost}}{2} \right) \right)$$

Oceni statusa in funkcionalnosti sta kvalitativni, na terenu določeni vrednosti. Ocena statusa opisuje fizično celovitost objekta (1 = dobra, 0,5 = poškodovana, 0 = uničena), medtem ko ocena funkcionalnosti odraža njeno sposobnost izvajanja predvidenih hidravličnih funkcij in funkcij nadzora transporta sedimentov (1 = visoka, 0,5 = srednja, 0 = nizka), kot je določeno na podlagi preprostih opaznih kazalnikov (Tabela 1 in tabela 2). Ti so navedeni za vsak tip objekta (npr. poškodba preliva, napolnjenost s sedimenti, izpodkopavanje dolvodno). MPi poudarja strukturno celovitost objektov in zagotavlja, da se uničenim elementom takoj dodeli najvišja prioriteta. Rezultati indeksa so razvrščeni v štiri barvne prioritetne razrede (slika 5). (1) MPi = 1 (rdeča): objekt je uničen, zato ne more imeti funkcionalnosti. Prioriteta posredovanja za te objekte je najvišja; (2) 0,63 < MPi < 0,88 (oranžna): objekt je poškodovan, posredovanje mora biti usmerjeno v celovito obnovo objekta in njegove funkcionalnosti; (3) 0,25 < MPi < 0,50 (modra): objekt je nepoškodovan, vendar je njegova funkcionalnost nizka. To poudarja potrebo po

bolj poglobljeni študiji namena posega; (4) MPi = 0 (zelena): objekt je v dobrem stanju in funkcionira, zato trenutno ne potrebuje posegov. Takšno določanje skupin indeksov omogoča hitro vizualizacijo in sprejemanje upravljavskih odločitev. Ta pristop strokovnjakom omogoča, da identificirajo objekti, ki zahtevajo takojšnje posredovanje, in da imajo stalno posodobljen pregled stanja vzdrževanja znotraj povodja. Ocene MPi je možno združiti z veččasovnimi analizami digitalnih modelov terena in DTM razlik (DoD) za izboljšanje interpretacije strukturne zmogljivosti objektov, saj povezuje potrebe po vzdrževanju z opazovano geomorfološko evolucijo. MPi je zato namenjen kot prvo-redno presejalno orodje, ki se lahko enostavno uporablja med rutinskimi terenskimi raziskavami. Primerno je za integracijo v GIS-osnovane baze podatkov, medtem ko se lahko podrobnejše strukturne ali hidravlične analize naknadno osredotočijo na objekte z visoko prioriteto.

		Status		
		Uničeno	Poškodovano	Dobro
	Ocena	0	0.5	1
Nizka	0	1	0.88	0.50
Srednja	0.5	1	0.75	0.25
Visoka	1	1	0.63	0

Slika 5: MPi, izračunan v zvezi s pripisanim statusom in funkcionalnostjo (Cucchiaro et al., 2024).

Povezovanje vrednosti MPi s prostorskimi in geomorfološkimi podatki omogoča jasnejše razumevanje, kako vrzeli v vzdrževanju vplivajo na dinamiko transporta sedimentov in potencialne nevarnosti v dolini. Tako MPi ne služi le kot orodje za načrtovanje vzdrževanja, ampak tudi kot približni kazalnik dolgoročne učinkovitosti in odpornosti objektov na hudournikih v spreminjajočih se okoljskih pogojih.

Rezultati

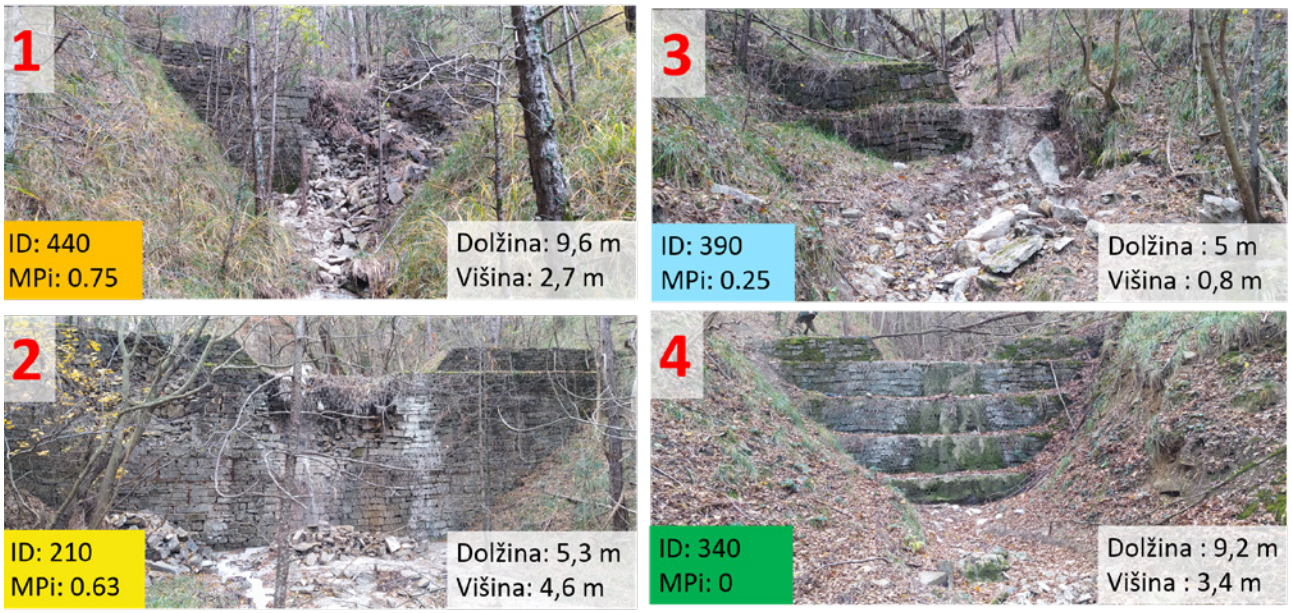
Po zaključenih terenskih meritvah na opazovanem območju Osp smo na podlagi skupnih smernic oblikovali tabelo z vsemi izmerjenimi informacijami. Primer nekaterih vnosov tabele je prikazan v tabeli 3. Iz nje so razvidne geometrijske in materialne lastnosti ter izračunan MPi. Objekti kažejo precejšnjo raznolikost v višini (od 0,5 m do 5,7 m), dolžini (od 2,9 m do 25 m) in debelini (od 0,7 m do 1,6 m), kar odraža razlike v namenu zasnove in lokalnih hidravličnih razmerah. Manjše betonsko-kamnite pregrade (npr. objekti 010–150) so na splošno pokazale dobro ohranjenost in polno funkcionalnost (MPi = 0), medtem ko so večji objekti, zgrajeni iz gabionskih materialov (kamen z žično mrežo), občasno kazali znake poškodb žice, deformacij ali delnega porušenja, kar je povzročilo višje vrednosti MPi do 0,75. Nekaj primerov različnega stanja opazovanih objektov je prikazanih na sliki 6.

Poškodbe žice, izpodkopavanje pod temelji in delna poškodba stene so predstavljali glavne dejavnike, ki so povzročili višje vrednosti MPi. Na primer, objekta 210 in 440, sestavljajo gabioni in sta pokazala vidno trganje zunanje ogrodne žice in deformacijo stene, povezano z MPi = 0,63 oziroma 0,75. V več primerih visoka gostota vegetacije in kopičenje sedimentov na zgornjem toku (npr. objekta 140 in 400). Nasprotno pa so betonski objekti (npr. objekta 160 in 130) pokazale lokalizirano erozijo ali razpoke, vendar so ohranile splošno stabilnost in zadovoljivo hidravlično zmogljivost, kar je v skladu z njihovimi nižjimi vrednostmi MPi (≤ 0,63).

Po pridobljenih podatkih smo opravili še analizo porazdelitve gradbenih materialov (Tabela 4) in izračuna MPi (Tabela 5). To daje pomemben vpogled v trajnost in funkcionalno zanesljivost objektov grajenih na hudournikih v preučevanemu povodju. Od 63 grajenih objektov je bila večina zgrajena iz kamna in žične mreže (konstrukcije tipa gabion), kar predstavlja skoraj 70 % vseh objektov. Kompozitne konstrukcije iz betona in kamna so predstavljale približno 25 %, medtem ko so bile konstrukcije iz betona in kamna veliko manj pogoste in so skupaj predstavljale manj kot 5 % vseh pregledanih objektov. Ta porazdelitev odraža zgodovinske gradbene preference v alpskih regijah, kjer se zaradi razpoložljivosti materialov, nižjih stroškov in prilagodljivosti spremenljivim terenom tradicionalno uporabljajo gabioni in mešano zidovje (Piton in sod. 2017).

Št.	Višina (m)	Dolžina (m)	Debelina (m)	Material	Status	Funkcio-nalnost	MPi	Opomba
010	0,5	9	0,7	beton + kamen	1	1	0,00	
120	0,9	5	0,8	beton + kamen	1	1	0,00	
130	1	8,5	0,9	beton + kamen	0,5	1	0,63	Večja razpoka v pregradi.
140	1,4	8	0,9	beton + kamen	1	1	0,00	Zaraščena gorvodno
150	1,7	6,2	0,8	beton + kamen	1	1	0,00	Pregrada ima dve stopnji. Prva št. 150 (Spodnja dolvodno) in druga št. 160 (Zgornja gorvodno).
160	4,8	7,2	1,2	beton	0,5	1	0,63	Erozija spodaj.
170	4,95	25	8,75	gabion	1	1	0,00	
200	5,7	4,8	1,3	gabion	1	1	0,00	Stopničasta pregrada.
210	4,6	5,3	1,5	gabion	0,5	1	0,63	Strgana žica. Delno porušena pregrada.
340	3,4	9,2	1,4	gabion	1	1	0,00	
390	0,8	5	1,5	gabion	1	0,5	0,25	Desna stran popolnoma prekrita z erodiranimi delci pobočja.
400	3,4	8	1,6	gabion	0,5	1	0,63	Nedostopen zaradi zaraščenosti. Mere so ocene.
410	3,2	9	1,6	gabion	1	1	0,00	
440	2,7	9,6	1,3	gabion	0,5	0,5	0,75	Delno porušena stena.
450	2,4	8,1	1,6	gabion	1	1	0,00	
490	1,3	3,5	1,5	gabion	1	0,5	0,25	Zasuto gorvodno.
500	2,3	2,9	1,4	gabion	1	1	0,00	
530	1	7,3	1,5	gabion	1	0,5	0,25	Material čez stranico.
560	3,4	11	1,6	gabion	1	1	0,00	
570	3	7,1	1,6	kamen	1	1	0,00	

Tabela 3: Prikaz višine, dolžine, debeline, materiala, statusa, funkcionalnosti, MPi in opomb nekaterih objektov na hudourniku pritoka Trnovšca, pridobljenih na terenu.



Slika 6: Slike s primeri objektov na hudourniku Trnovšca, ocenjenih z različnimi vrednostmi MPi. (1) Objekt ID 440 ima vrednost MPi 0,75. Stena je delno porušena. Konstrukcija je močno poškodovana in ima srednjo funkcionalnost, saj je vidno odlaganje naplavin preko objekta, sedimentni odlagališče zapolnjeno in Objekt je napolnjena do preliva. (2) Objekt ID 210 ima vrednost MPi 0,63. Objekt je močno poškodovan, kovinska mreža in stena gabiona sta delno porušeni, vendar plavine ne presegajo višine, zato je še vedno zelo funkcionalen. (3) Objekt ID 390 ima vrednost MPi 0,25. Na tem objektu niso bile ugotovljene nobene večje poškodbe, vendar je eno krilo zakopano pod erodiranim sedimentom s pobočja in ima zaradi tega srednjo funkcionalnost. (4) Objekt ID 340 Ima vrednost MPi 0. Ni zaznanih poškodb in ima visoko funkcionalnost.

Porazdelitev MPi kaže, da ima velika večina konstrukcij (85,7 %) vrednost MPi = 0, kar kaže na dobro fizično stanje in polno funkcionalnost. Le majhno število konstrukcij ima višje vrednosti, 7,9 % ima MPi = 0,63 in 1,6 % ima MPi = 0,75, kar pomeni zmerno do visoko prioriteto vzdrževanja. Te višje vrednosti MPi so bile povezane predvsem z gabioni in nearmiranimi kamnitimi objekti, kar kaže, da so taki materiali bolj dovzetni za mehansko degradacijo, korozijo žice in deformacije, ki jih povzročajo ponavljajoči se tokovi grušča ali visoke obremenitve s sedimenti. Kompozitne betonsko-kamnite strukture so ustrezale MPi = 0, kar odraža visoko strukturno obstojnost in funkcionalno stabilnost. Nekaj struktur iz betona (MPi = 0,25) je pokazalo manjše poslabšanje, vendar so ostale funkcionalno učinkovite, kar kaže, da lahko kakovost zasnove in temeljev prevlada nad razlikami v materialih, če je vzdrževanje ustrezno.

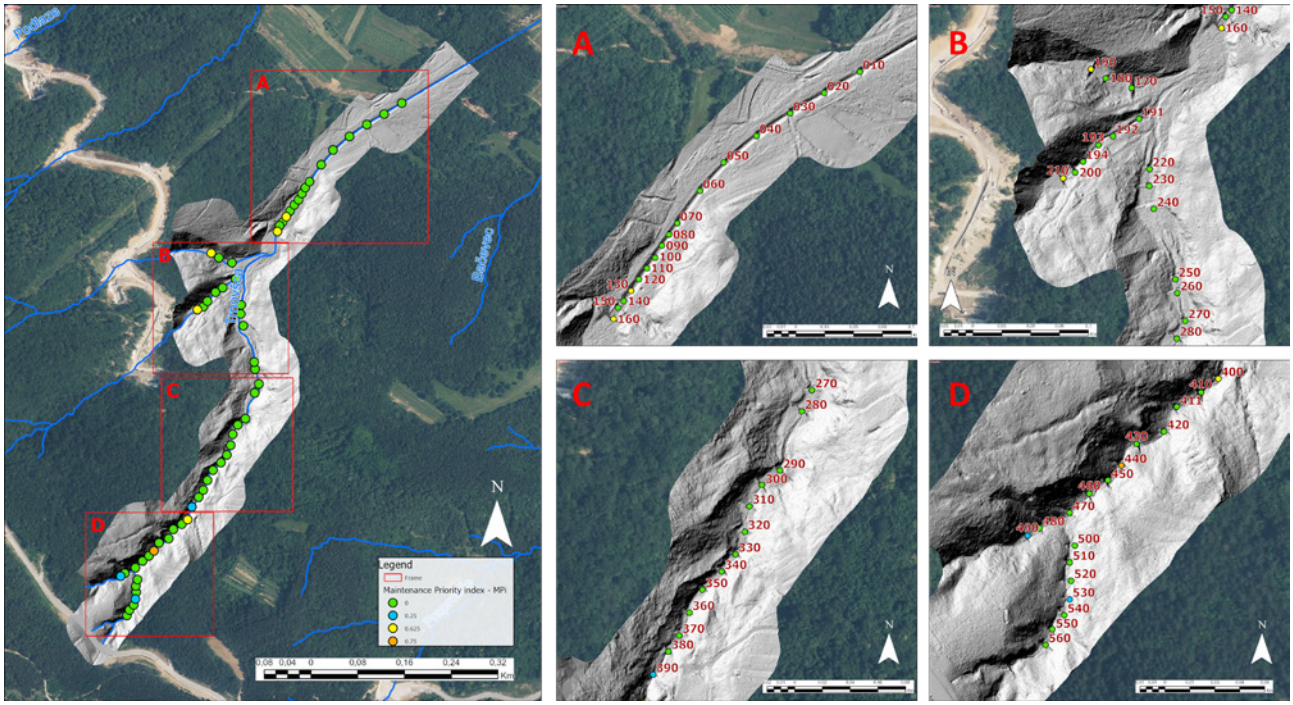
Na podlagi vseh terenskih analiz in obdelavi podatkov smo oblikovali podroben zemljevid raziskovanega območja (slika 7), kjer so prikazane topografske meritve opazovanega območja, z navedenimi izračunanimi vrednostmi MPi. Na levi strani je prikazano celotno območje meritev, na desni strani pa so povečani deli z identifikacijskimi številkami objektov. Za vsak objekt na hudourniku smo z GNSS določili koordinate XYZ njegovega položaja in na podlagi smernic za topografske meritve pridobili podatke LiDAR DTM z uporabo brezpilotnega letala.

Material	ŠTEVILO	Pogostost (%)
beton + kamen	16	25,4
beton	1	1,6
gabion	44	69,8
kamen	2	3,2
All	63	100,0

Tabela 4: Porazdelitev objektov na hudourniku Trnovšca po gradbenem materialu na podlagi števila in odstotka posamezne vrste materiala.

MPi	ŠTEVILO	Pogostost (%)
0	54	85,7
0,25	3	4,8
0,63	5	7,9
0,75	1	1,6
All	63	100,0

Tabela 5: Porazdelitev objektov na hudourniku Trnovšca na podlagi števila objektov znotraj posameznega razreda MPi in pogostost pojava razreda na celotnem opazovanem območju.



Slika 7: Prikaz rezultatov topografskih meritev območja študije v bližini reke Osapska, z navedenimi izračunanimi vrednostmi MPi.

Zaključek

Raziskava v okviru Interreg Italia–Slovenia projekta TORRENT je pokazala pomembnost združevanja terenskih raziskav, zgodovinskih zapisov in geomorfoloških analiz za oceno stanja in funkcionalnosti objektov na hudournikih s pomočjo MPi. S pomočjo natančnih meritev na podlagi GNSS ter podatkov o materialih je bila razvita baza podatkov, ki zagotavlja ustrezno podlago za načrtovanje vzdrževanja in dolgoročno spremljanje objektov na hudournikih. MPi se je izkazal za praktično in objektivno orodje, ki združuje strukturno celovitost in funkcionalno zmogljivost v enoten indeks, ki omogoča hitro identifikacijo hidrotehničnih objektov, ki zahtevajo prioritetno vzdrževanje.

Analiza 63 Objektov na hudourniku v porečju reke Osp je pokazala, da je več kot 85 % v dobrem stanju in popolnoma funkcionalnih (MPi = 0). Kljub temu je bilo lokalno poslabšanje stanja zabeleženo predvsem pri gabionskih in kamnitih konstrukcijah, kjer so korozija žice, deformacija ali delni propad povzročili višje vrednosti MPi (do 0,75). Nasprotno pa so kompozitne in betonske konstrukcije pokazale odlično stabilnost in minimalne potrebe po vzdrževanju. Ti ugotovitvi potrjujeta, da gradbeni material pomembno vpliva na trajnost konstrukcije.

Razvita metodologija poudarja pomen vzdrževanja posodobljene, prostorsko podrobne zbirke podatkov o objektih na hudournikih kot ključnega instrumenta za sodobno upravljanje porečij. Takšne zbirke podatkov ne podpirajo le določanja prednostnih nalog vzdrževalnih dejavnosti, ampak omogočajo tudi veččasovne analize strukturne zmogljivosti in razvoja sedimentov, kar prispeva k boljšemu razumevanju dinamike na ravni povodja in učinkov podnebnih sprememb. Pristop z uporabo MPi ponuja pregleden, prilagodljiv in stroškovno učinkovit način za količinsko opredelitev prednosti vzdrževanja in ima potencial uporabe v drugih gorskih regijah, ki se soočajo s podobnimi izzivi.

Prihodnji razvoj koncepta MPi bo usmerjen v vključitev dodatnih okoljskih parametrov, zlasti vpliva goste vegetacije, ki raste na konstrukcijah ali v njihovi bližini. Vegetacija lahko zakrije poškodbe, spremeni vzorce odlaganja sedimentov in pospeši strukturno degradacijo s prodiranjem korenin ali lokalnim izpodjedanjem ali pa pomaga pri blaženju sile hudournikov in zadržuje dodaten sediment. Vključitev takšnih kazalnikov v izračun MPi bi povečala njegovo diagnostično natančnost in izboljšala oceno funkcionalne zmogljivosti, zlasti v gorskih porečjih z gosto vegetacijo.
Sodobno upravljanje porečij in hudournikov zahteva interdisciplinarno in čezmejno sodelovanje med javnimi organi, sektorskimi agencijami in raziskovalnimi organizacijami, da se zagotovi učinkovita izmenjava znanja in usklajeni pristopi. Projekt Interreg Italia–Slovenia TORRENT je primer takšnega sodelovanja, katerega cilj je vzpostaviti skupna navodila za spremljanje, ocenjevanje in vzdrževanje hidrotehničnih objektov. Posodobljena in standardizirana baza podatkov o hudourniških objektih tako postane temelj za odpornost na nesreče in prilagajanje podnebnim spremembam, saj zagotavlja ključne vpoglede v trajnost in učinkovitost hidravlične infrastrukture ter krepi splošno odpornost porečij v obmejnem območju med Italijo in Slovenijo.

Zahvala

Raziskava je bila izdelana v sklopu projekta TORRENT, sofinanciranega s strani Evropske unije v okviru Programa Interreg VI-A Italija-Slovenija. Zahvaljujemo se tudi Univerzi v Vidmu, Regionalnemu razvojnemu centru Koper in Avtonomni regiji Furlanija Julijska krajina za sodelovanje pri omenjenemu projektu.

Viri

Cucchiaro S., Martini L., Maset E., Pellegrini G., Poli M.E., Beinat A., Cazorzi F., Picco L., 2024, Multitemporal analysis to support the management of torrent control structures, Catena, 235, 107599, https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107599

Cucchiaro, S., Cazorzi, F., Marchi, L., Crema, S., Beinat, A., Cavalli, M., 2019. Multitemporal analysis of the role of check dams in a debris-flow channel: Linking structural and functional connectivity. Geomorphology 345, 106844–106844. DOI: 10.1016/j.geomorph.2019.106844.

Cislaghi A., Morlotti E., Cucchiaro S., Morando P., Bischetti G.B. (2024) Spremljanje hudourniških objektov: integriran pristop od inšpekcij prvega nivoja do strategij vzdrževanja Journal of Flood Risk Management, DOI: 10.1111/jfr3.13011

Piton, G., Recking, A., 2017. Effects of check dams on bed-load transport and steep-slope stream morphodynamics. Geomorphol., Sedim. Dynam. Alpine Basins 291, 94–105. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.03.001.

Mazzorana, B., Trenkwalder-Platzer, H., Heiser, M., Hübl, J., 2018. Quantifying the damage susceptibility to extreme events of mountain stream check dams using Rough Set Analysis. J. Flood Risk Manag. 11, e12333. https://doi.org/10.1111%2Fjfr3.12333

PROJEKT LIFE22-NAT-SI-LIFE ORNAMENTALIAS: POPIS INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST RASTLIN NA PROJEKTNEM OBMOČJU TRŽIŠKA BISTRICA

Petra Štern, mag. ekol. biod.,
Direkcija Republike Slovenije za vode, Mariborska cesta 88, 3000 Celje

Karmen Bobek, univ. dipl. biol.,
Direkcija Republike Slovenije za vode, Mariborska cesta 88, 3000 Celje

Iztok Kavčič, univ. dipl. inž. kraj. arh.,
Direkcija Republike Slovenije za vode, Mariborska cesta 88, 3000 Celje

dr. Nataša Smolar-Žvanut, univ. dipl. biol.,
Direkcija Republike Slovenije za vode, Mariborska cesta 88, 3000 Celje

Povzetek

Direkcija Republike Slovenije za vode je v okviru projekta LIFE22-NAT-SI-LIFE OrnamentalIAS - 101107725 »Preprečevanje in obvladovanje negativnih vplivov okrasnih invazivnih tujerodnih vrst rastlin na ogrožene evropsko pomembne habitatne tipe in vrste« izvedla popis invazivnih tujerodnih vrst rastlin (ITVR) na vodnih in priobalnih zemljiščih znotraj projektnega območja Tržiška Bistrica. Popis, ki je potekal od julija 2024 do oktobra 2025, je obsegal glavni tok Tržiške Bistrice, Mošenika in Lomščice ter številne manjše pritoke. Glavni namen popisa je bil določiti območja za prednostno odstranjevanje ITVR, na katerih bo v nadaljnjih fazah projekta preizkušen osnutek protokola zgodnjega odkrivanja in hitrega odzivanja (sistem ZOHO). Na podlagi popisa so bili pridobljeni podrobni podatki o vrstni sestavi, obsegu in prostorski razširjenosti ITVR, ki lahko negativno vplivajo na ekološko stanje vodotokov, stabilnost brežin in biotsko raznovrstnost. Rezultati popisa predstavljajo ključno strokovno podlago za načrtovanje ukrepov preprečevanja širjenja ter učinkovitega odstranjevanja oz. obvladovanja teh vrst. V članku so predstavljeni rezultati popisa, analiza prostorske razporeditve in glavne ugotovitve, ki osvetljujejo izzive pri upravljanju ITVR na vodnih in priobalnih zemljiščih.

Uvod

Invazivne tujerodne vrste predstavljajo eno največjih groženj pri ohranjanju svetovne in lokalne biodiverzitete. Njihove ekološke značilnosti jim omogočajo intenzivno rast in hitro širjenje v novih okoljih, s čimer lahko povsem nadvladajo avtohtone vrste. Za invazivne tujerodne vrste rastlin (ITVR) je pogosto značilna hitra rast, vegetativno (nespolno) razmnoževanje ali proizvodnja velikega števila (dolgoživih) semen, ter izjemna prilago-

dljivost različnim okoljskim dejavnikom (Chaudhary in sod. 2020). Njihovo nenadzorovano širjenje vpliva na vrstno sestavo in prehranjevalne splete avtohtonih vrst, na kroženje hranil in hidrologijo, posledično pa negativno vplivajo na delovanje celotnih ekosistemov (Kumar in Prasad 2014). Invazija tujerodnih vrst povzroča zmanjšanje števila, ter s tem pestrosti avtohtonih vrst (Hejda in sod. 2009; Najberek in sod. 2024; Singh Yadav in sod. 2024).

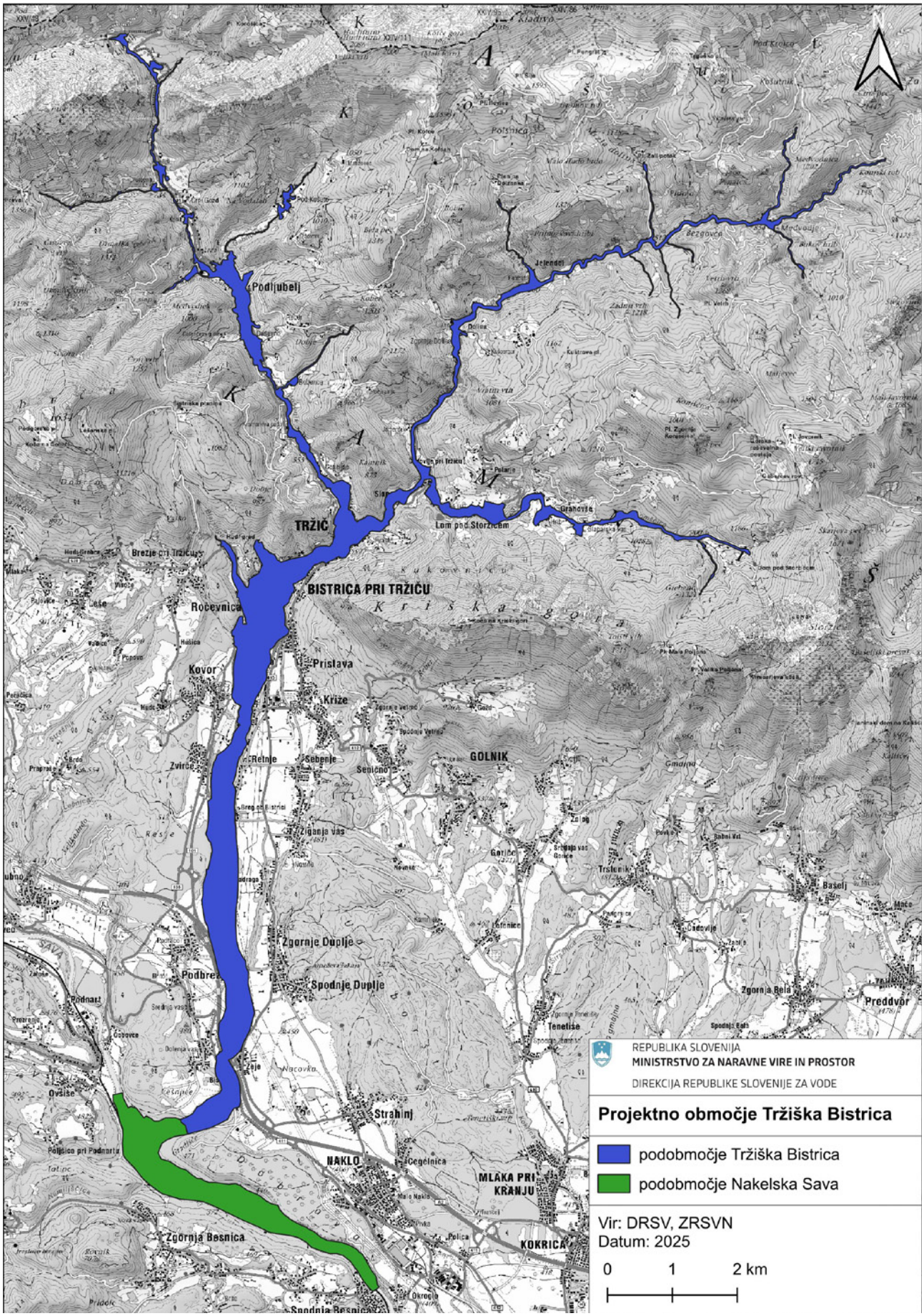
V priobalnem pasu so zagotovljeni idealni pogoji za naselitev in širjenje ITVR, kar je še posebej izrazito ob vodotokih. Bližina vode blaži stres v sušnih obdobjih in omejuje nihanje temperature, rečni nanosi pa zagotavljajo stalen vnos hranil (Castro-Diez in Alonsko 2017). Intenzivno razraščanje ITVR v obrežnem pasu omejuje sklenjen pas avtohtone obrežne vegetacije, ki je izredno pomemben za ohranjanje dobrega stanja voda, saj: zmanjšuje intenzivnost erozijskih procesov in odnašanje zemljine bregov, ohranja pretočnost struge, zmanjšuje vpliv suš, z vezavo hranil in onesnaževal pozitivno vpliva na samočistilno sposobnost vode, preprečuje segrevanje vode in zagotavlja pomembne habitate za različne skupine organizmov (Periott 1998). V odsotnosti obrežne vegetacije se v priobalnem pasu naselijo ITVR, ki so pogosto del pionirske združbe, ki naseli degradirana in ruderalna rastišča. Nenadzorovano širjenje in intenzivno razraščanje ITVR v priobalnem pasu negativno vpliva na vodne in obvodne ekosisteme (negativno vpliva na biotsko pestrost, število habitatov, ekosistemske storitve), spreminja fizikalno-kemijske značilnosti tal, povečuje erozijo brežin, zmanjšujejo pretočnost, ter povzročajo škodo na vodnih objektih in napravah (Papež 2013, Manners in sod. 2014, Castro-Diez in Alonsko 2017, Matte in sod. 2021).

Sistem zgodnjega odkrivanja in hitrega odzivanja (v nadaljevanju: sistem ZOHO) je zasnovan na podlagi sistema načrtnega in stalnega spremljanja invazivnih vrst, ki omogoča hitro ukrepanje v primeru biološke invazije neke vrste. Vključuje prepoznavanje invazivnih vrst, ocenjevanje tveganja, prenos informacij do pristojnih organov, ter določitev in izvedbo ustreznih ukrepov usmerjenih v preprečevanje širjenja posamezne vrste (Genovesi in sod. 2010). Temelj sistema ZOHO je zgodnje odkrivanje invazivnih in potencialno invazivnih tujerodnih vrst. Zgodnje odkrivanje nam omogoča pravočasen odziv ter izvedbo ukrepov, ki so povezani s preprečevanjem širjenja posamezne tujerodne vrste (tj. omejevanje, zatiranje ali iztrebljanje vrste) (Jogan 2012, Jogan in sod. 2012a). Pri zgodnjem odkrivanju je smiselno največ pozornosti posvetiti rastiščem oz. ekosistemom, ki jih ITVR najbolj ogrožajo, ter mestom pričakovanega vnosa. Vodni ekosistemi so še posebej občutljivi na invazijo tujerodnih vrst, zato je vzpostavitev sistema ZOHO na območju vodnih in priobalnih zemljiščih nujen korak k ohranjanju biotske pestrosti in naravne integritete vodnih ekosistemov.

Direkcija Republike Slovenije za vode (v nadaljevanju: DRSV) zato kot partner sodeluje pri pro-



Slika 1: Sestoj zlate rozge (avtor DRSV).



Slika 2: Projektno območje Tržiška Bistrica.

jektu »Preprečevanje in obvladovanje negativnih vplivov okrasnih invazivnih tujerodnih vrst rastlin na ogrožene evropsko pomembne habitatne tipe in vrste« (LIFE22-NAT-SI-LIFE OrnamentalIAS - 101107725)[1]. DRSV bo v okviru naloge T4.3 »Razvoj in testiranje protokola sistema ZOHO na projektnem območju Tržiška Bistrica« izdelala protokol sistema ZOHO na vodnih in priobalnih zemljiščih. Protokol sistema ZOHO razvit v okviru projekta LIFE22-NAT-SI-LIFE OrnamentalIAS – 101107725, bo vseboval več stopenj: zgodnje odkrivanje ITVR, prenos informacij odgovornim institucijam, odstranjevanje in/ali obvladovanje posameznih vrst, preverjanje prisotnosti vrste dolvodno in gorvodno od evidentiranega rastišča, ter redni monitoring vrste.

Zaradi optimizacije posameznih stopenj sistema (odzivanje na zaznane ITVR, opredelitev obsega območja, ki ga je treba raziskati, optimizacija stroškov), bo osnutek protokola tekom projekta preizkušen tudi na terenu. V okviru naloge T4.2 je DRSV v letih 2024 in 2025 izvedla popis začetnega stanja ITVR na projektnem območju Tržiška Bistrica. Na osnovi analize popisa, so bila opredeljena območja brez ITVR, ter območja, kjer so ITVR v začetni fazi invazije. Ta območja bodo služila kot pilotna območja za testiranje ukrepov ZOHO. V nadaljevanju so predstavljeni ključni izsledki analize popisa.

Projektno območje

Projektno območje je razdeljeno na dve podobmočji - podobmočje Tržiška Bistrica in podobmočje Nakelska Sava (Slika 2). Meja med podobmočjema je Natura 2000 območje SI3000201 Nakelska Sava. Predstavitev rezultatov popisana je vezana samo na podobmočje Tržiška Bistrica, ki zajema Tržiško Bistrico, Mošenik, Lomščico iz druge pritoke do SI3000201 Nakelska Sava, kar skupno znaša več kot 80 km vodotokov.

Tržiška Bistrica je levi pritok Save in izvira v Karavankah na nadmorski višini 1.357 m (Smolar 1997). Do sotočja s potokom Kališnik (pod Jelendolom) teče v jugozahodni smeri, nato skozi Dolžanovo sotesko do Tržiča, kjer se po sotočju z Mošenikom spremeni v večjo reko in do sotočja s Savo, tj. južno od Podnarta, teče v južni smeri (Anzeljc in sod. 2013). Večji del porečja Tržiške Bistrice leži v občini Tržič, spodnji del pri izlivu v Savo pa v občini Naklo. Porečje meri 145,6 km^2, s povprečnim naklonom 25,3 ° in povprečno nadmorsko višino 1080 m (Muzik 2009).

Tržiška Bistrica ima številne pritoke. V Tržiču se ji z desne strani pridruži njen najdaljši pritok, tj. dva kilometra dolg potok Mošenik (39,2 km^2), ki teče iz severa pravokotno čez sloje v glavnem grebenu Karavank in v dolino prinaša precej odkladnin. Z leve strani, tik pred Tržičem se v Tržiško Bistrico izliva drugi najdaljši pritok Lomščica (19,5 km^2), ki teče v podolžni, širši dolini. Ostali večji pritoki z desne strani so še Košutnik, Zali potok, Dolžanka, Kališnik in Blajšnica, z leve strani pa pritok še Stegovnik (Anzeljc in sod. 2013).

Povprečni naklon terena Tržiške Bistrice od izvira do lokacije vodomerne postaje Preska vseskozi narašča, zaradi prispevnega območja pritokov iz Karavank, ki imajo bolj strma pobočja kot levi pritoki. Za prerez vodomerne postaje Preska je povprečni naklon terena cca. 61 %. Potem se povprečni naklon terena do izliva v Savo zmanjšuje in znaša cca. 55 % v prerezu vtoka v Savo (Anzeljc in sod. 2013).

Na projektnem območju Tržiška Bistrica se nahajata dve vodni telesi, in sicer VT Tržiška Bistrica povirje – sotočje z Lomščico (Košutnik) in VT Tržiška Bistrica sotočje z Lomščico – Podbrezje (Tržiška Bistrica, Lomščica, Mošenik). Obe vodni telesi sta v dobrem kemijskem[2] in ekološkem[3] stanju (ARSO 2021).

Površje porečja Tržiške Bistrice je v geološkem pogledu zelo raznoliko. Ozki pasovi karbonskih, permskih in triadnih kamnin se vlečejo v alpski smeri zahod - vzhod. V predelu od juga proti severu srečujemo v kratkih razdaljah skrilavce, peščenjake, apnence in dolomite, konglomerate in porfirje. Tržiška Bistrica teče pod Tržičem skozi Dobrave. To so terase, ki so nastale kot navidezni griči s terasastim videzom. Dobrave sestoje iz miocenskega gradiva, lapora in gline, ki ju ponekod prekriva plast konglomerata. Meja med miocenskim ter kvartarnim hribovjem se natančno ujema z mejo dobrav. S hidrološkega vidika je povodje Tržiške Bistrice nehomogeno, kar otežuje določanje osnovnih hidroloških parametrov. Najbolj vodnat je desni pritok Mošenik, katerega specifični odtoki srednjih in nizkih vod so bistveno večji kot na Tržiški Bistrici pod sotočjem (Smolar 1997).

1 Projekt LIFE22-NAT-SI-LIFE OrnamentalIAS – 101107725 je sofinanciran s strani EU programa LIFE, Ministrstva Republike Slovenije za naravne vire in prostor ter sredstev Sklada Republike Hrvaške za zaščito okolja in energetsko učinkovitost. Izraženi pogledi in mnenja so podana s strani avtorja in ne odražajo nujno stališč Evropske unije ali CINEA. Zanje ne moreta biti odgovorna niti Evropska unija niti organ, ki dodeli pomoč.

2 Ocena za matriks voda in biota skupaj, brez splošno prisotnih snovi, za obdobje 2014–2019.

3 Ocena za posebna onesnaževala za obdobje 2014–2019.

Metodologija

Popis začetnega stanja razširjenosti ITVR je potekal od julija 2024 do oktobra 2025[4]. Podatke na terenu smo zbirali s pomočjo aplikacije QField, nameščene na mobilnem telefonu. Beležili smo podatke o vrstni sestavi, pokrovnosti in gostoti posameznih rastišč. Projektna datoteka za popis, skupaj z mrežo popisnih enot je bila pred začetkom popisa pripravljena v programu QGIS. Popisne enote pokrivajo strugo in obrežni pas Tržiške Bistrice, Mošenika, Lomščice in drugih izbranih pritokov. Osnovna velikost popisnih enot znaša 50 x 20 m, ki pa je prilagojena širini in smeri vodotoka, zato da je v čim večji meri zajeto območje vodnih in priobalnih zemljišč. Na spodnjem delu projektnega območja (pri meji z območjem Natura 2000 SI3000201 Nakelska Sava) je glavna struga Tržiške Bistrice preširoka, da bi jo zajeli v popisne enote, ki sledijo osrednji osi vodotoka. Metodo popisa smo zato na tem odseku prilagodili, in sicer smo rastišča ITVR na terenu vrisali ročno in okvirno ocenili njihovo površino. Podatke smo nato digitalizirali v QGIS-u in določili natančnejšo površino posameznih rastišč.

V popis je bilo vključenih skupno 67 vrst ITVR, razvrščenih na seznam A (15 vrst; Tabela 1) in seznam B (52 vrst; Tabela 2). Delitev vrst na dva seznama je bila izvedena z namenom zagotavljanja prednostnega spremljanja tistih vrst, ki so vključene na seznam A. Na tem seznamu so med drugim številne vrste, ki zadevajo Unijo v skladu z Uredbo (EU) št. 1143/2014 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 22. oktobra 2014 o preprečevanju in obvladovanju vnosa ter širjenja invazivnih tujerodnih vrst.

4 Popis smo zaradi obsežnosti projektnega območja izvedli v obdobju dveh rastnih sezon.

Latinsko ime vrste	Slovensko ime vrste
Ailanthus altissima (Mill.) Swingle	veliki pajesen
Ambrosia artemisiifolia L.	pelinolistna žvrklja, ambrozija
Asclepias syriaca L.	sirska svilnica
Bidens sp. L.	mrkači
Buddleja davidii Franch.	davidova budleja, metuljnik
Erigeron annuus (L.) Pers.	enoletna suholetnica
Heracleum mantegazzianum Sommier & Levier	orjaški dežen
Impatiens glandulifera Royle	žlezava nedotika
Paulownia tomentosa (Thunb.) Steud.	pavlovnija
Phytolacca sp. L.	barvilnica
Prunus laurocerasus L.	lovorikovec
Reynoutria sp. Houtt.	dresniki
Rudbeckia sp. L.	rudbekija
Senecio inaequidens DC.	raznozobi grint
Solidago canadensis L., *Solidago gigantea* Aiton	ameriške zlate rozge

Tabela 1: Seznam ITVR – Seznam A

Latinsko ime vrste	Slovensko ime vrste
Acer negundo L.	ameriški javor, negundovec
Akebia quinata (Houtt.) Decne.	čokoladna akebija
Amorpha fruticosa L.	navadna amorfa
Artemisia verlotiorum Lamotte	verlotov pelin
Aster novi-belgii L.	virginijska nebina
Aster sp. L.	astre/nebine
Aster lanceolatus Willd.	drobnocvetna nebina
Berberis thunbergii DC.	thunbergov češmin
Bidens frondosa L.	črnoplodni mrkač
Broussonetia papyrifera (L.) Vent.	navadna papirjevka
Celastrus orbiculatus Thunb.	navadni davilec
Cirsium candelabrum Griseb.	svečniški osat
Conzya sp. Less.	hudoletnice
Cornus sericea L.	sivi dren, svilnati dren
Datura stramonium L.	navadni kristavec
Deutzia scabra Thunb.	navadna dojcija
Echinocystis lobata Torr. & A.Gray	oljna bučka

Latinsko ime vrste	Slovensko ime vrste
Elaeagnus pungens Thunb.	bodeča oljčica
Fallopia baldschuanica (Regel) Holub 1971	grmasti slakovec
Helianthus tuberosus L.	topinambur
Humulus scandens (Lour.) Merr.	enoletni/japonski hmelj
Impatiens balfourii Hook.f.	balfourova nedotika
Impatiens parviflora DC.	drobnocvetna nedotika
Koenigia polystachya (Wall. ex Meisn.) T.M.Schust. & Reveal	himalajski dresnik
Ligustrum lucidum W.T.Aiton	bleščeča kalina
Lonicera japonica Thunb.	japonsko kosteničje
Lonicera maackii (Rupr.) Maxim.	maackovo kosteničje
Lonicera tatarica L.	tatarsko kosteničje
Lupinus polyphyllus Lindl.	mnogocvetni volčji bob
Lycium barbarum L.	navadna kustovnica (goji)
Mahonia aquifolium (Pursh) Nutt.	navadna mahonija
Mahonia bealei (Fortune) Carrière	usnjatolistna mahonija
Parthenocissus quinquefolia (L.) Planch.	peterolistna vinika
Phyllostachys sp. Siebold & Zucc.	bambusi
Physocarpus opulifolius (L.) Maxim. 1879	kalinolistni pokalec
Phytolacca acinosa Roxb.	krhljasta barvilnica
Phytolacca americana L.	navadna barvilnica
Pistia stratiotes L.	vodna solata
Prunus serotina Ehrh.	pozna čremsa
Reynoutria × bohemica Chrtek & Chrtková	češki dresnik
Reynoutria japonica Houtt.	japonski dresnik
Reynoutria sachalinensis (F.Schmidt) Nakai	sahalinski dresnik
Rhus typhina L., 1756	octovec
Robinia pseudacacia L.	robinija
Rosa multiflora Thunb.	mnogocvetni šipek
Rubus phoenicolasius Maxim 1872	rdečeščetinava robida
Rudbeckia laciniata L.	deljenolistna rudbekija
Solidago canadensis L.	kanadska zlata rozga
Solidago gigantea Aiton	orjaška zlata rozga
Spiraea japonica L.f.	japonska medvejka
Symphoricarpos albus (L.) S.F.Blake 1914	bela pamela, bisernik
Wisteria sinensis (Sims) DC.	kitajska glicinija

Tabela 2: Seznam ITVR – Seznam B

Opisana metoda se uporablja tudi za popis ITVR na drugih projektnih območjih v okviru projekta LIFE22-NAT-SI-LIFE OrnamentalIAS - 101107725, s čimer je zagotovljena primerljivost pridobljenih rezultatov.

Rezultati in razprava

Skupno smo popisali 31 ITVR - 9 iz seznama A in 22 iz seznama B. Najbolj razširjene vrste znotraj projektnega območja so: dresniki (japonski dresnik (*Reynoutria japonica*), češki dresnik (*Reynoutria x bohemica*), sahalinski dresnik (*Reynoutria sahalinensis*)), kanadska zlata rozga (*Solidago canadensis*), orjaška zlata rozga (*Solidago gigantea*), kalinolistni pokalec (*Physocarpus opulifolius*), robinija (*Robinia pseudoacacia*), žlezava nedotika (*Impatiens glandulifera*), metuljnik (*Buddleja davidii*), astre (*Aster sp.*) in enoletna suholetnica (*Erigeron annuus*).

V povirnih delih obravnavanih vodotokov so ITVR praviloma manj zastopane, z izjemo nekaj lokacij, kjer smo ITVR zabeležili tudi v zgornjem toku. Kot posebej problematičen se je izkazal Mošenik, kjer je bilo zabeleženih več obsežnejših rastišč ITVR. Ob enem izmed njegovih hudourniških pritokov smo našli celo čokoladno akebijo (*Akebia quinata*), ki je rastla iz enega od bližnjih vrtov na nabrežju. Na območju dolvodno od Tržiča se je prevalenca ITVR znatno povečala v primerjavi z gorvodnimi predeli. Vrste kot so robinija, kalinolistni pokalec in astre, ki v povirnem delu praktično niso prisotne, so v spodnjih delih projektnega območja splošno razširjene in tvorijo goste, strnjene sestoje, ki izpodrivajo avtohtono rastlinstvo. Nasprotno je v primeru metuljnika, ki je v povirju ena izmed pogostejših vrst, v spodnjem toku pa ga skorajda ni, z izjemo prodišč na končnem delu projektnega območja, kjer je zopet gosto zastopan.



Slika 3: Sestoj japonskega dresnika ob Tržiški Bistrici (avtor DRSV).



Slika 4: Kalinolistni pokalec (avtor DRSV).

V popis smo naknadno vključili tudi potencialno invazivne tujerodne vrste, ki niso uvrščene niti na seznam A, niti na seznam B. Znotraj priobalnega pasu se namreč na več mestih nahajajo vrtovi in okrasne zasaditve, kjer uspeva veliko tujerodnih okrasnih rastlin. Za mnoge od teh vrst invazivni potencial še ni raziskan, predstavljajo pa potencialni vir nadaljnjih vnosov v naravno okolje. Dodaten vir širjenja ITVR predstavlja nepravilno odlaganje zelenega odreza, ki smo ga na več lokacijah zabeležili tik ob, ali celo neposredno v sami strugi vodotoka. Kot zanimivost smo na prodiščih opazili tudi številne nepričakovane tujerodne vrste, med drugim navadni kristavec (*Sedum hispanicum*), ter nekatere kulturne rastline, ki se širijo z nepravilnim odlaganjem zelenega odreza, npr. paradižnik (*Solanum lycopersicum*), buče (*Cucurbita spp.*), zelje (*Brassica oleracea*) in sončnice (*Helianthus annuus*).

Zaključek

Metoda popisa se je izkazala za učinkovito pri pridobivanju pregleda nad širšo razširjenostjo ITVR. Znotraj vodnih in priobalnih zemljišč projektnega območja smo popisali več različnih ITVR, izmed katerih nekatere tvorijo goste strnjene sestoje na obrežju in s tem izpodrivajo avtohtono vegetacijo. Kot pričakovano je razširjenost ITVR bolj izrazita v predelih, ki so pod večjim antropogenim vplivom. Tovrsten popis ITVR zagotavlja dragocene informacije za upravljanje območja. Širši pregled razširjenosti ITVR omogoča bolj smiselno načrtovanje njihovega odstranjevanja in ponuja bolj celostni vpogled na samo problematiko v izbranem okolju.

Literatura

[ARSO] Agencija Republike Slovenije za okolje. 2021. Ocena kemijskega stanja voda za Načrt upravljanja 2022-2027, Ocena za obdobje 2014-2019.

Anzeljc D, Zakrajšek J, Sovre K. 2013. Hidrološka študija visokih vod na porečju Tržiške Bistrice - za OPVP 10-Tržič. Ljubljana (SI): Inštitut za vode Republike Slovenije.

Castro-Diez P, Alonso A. 2017. Effects of non-native riparian plants in riparian and fluvial ecosystems: A review for the Iberian Peninsula. Limnetica, 36(2): 525–541. https://doi.org/10.23818/limn.36.19

Chaudhary R, Shrestha BB, Thapa H, Siwakoti M. 2020. Status and impacts of invasive alien plant species in Parsa National Park, central Nepal. Banko Janakari 30 (1): 21–31. https://doi.org/10.3126/banko.v30i1.29179

Genovesi P, Scalera R, Brunel S, Roy D, Solarz W. 2010. Towards an early warning and information system for invasive alien species (IAS) threatening biodiversity in Europe. European Environment Agency.

Hejda M, Pyšek P, Jarošik V. 2009. Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. Journal of Ecology 97: 393–403. https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01480.x

Jogan N, Bačič M, Strgulc Krajšek S. 2012a. Tujerodne in invazivne rastline v Sloveniji. V: Jogan N., Bačič T, Strgulc Krajšek S. (ur.). Neobiota Slovenije: končno poročilo projekta. Ljubljana (SI): Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani. str. 161-181.

Jogan N. 2012. Uvod. V: Jogan N, Bačič T, Strgulc Krajšek S. (ur.). Neobiota Slovenije: končno poročilo projekta. Ljubljana (SI): Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani. str. 8-29.

Kumar A, Prasad S. 2014. Threats of invasive alien plant species. International Research Journal of Manafement, Sience & Technology 4 (2): 605–624.

Manners RB, Schmidt JC, Scott ML. 2014. Mechanisms of

vegetation-induced channel narrowing of an unregulated canyon river: Results from a natural field-scale experiment. Geomorphology, 211: 100–115. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.12.033

Matte R, Boivin M, Lavoie C. 2022. Japanese knotweed increases soil erosion on riverbanks. River Research and Applications, 38(3): 561–572. https://doi.org/10.1002/rra.3918

Muzik M. 2009. Sonaravno fizičnogeografsko vrednotenje Tržiške Bistrice. [Magistrsko delo]. Ljubljana (SI): Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo.

Najberek K, Tokarska-Guzik B, Chmura D, Solarz W. 2024. Effects of Invasive Alien Plant Species on Native Plant Diversity and Crop Yield. Plants 13, 888. https://doi.org/10.3390/plants13060888

Papež J. 2013. Problematičnost japonskega dresnika z vidika varstva pred škodljivim delovanjem voda. Tujerodne vrste – stanje, vplivi in odzivi. Zbornik razširjenih povzetkov simpozija. Ljubljana (SI): Zavod Symbiosis in Botanično društvo Slovenije.

Periott G. 1998. The Riparian Zone: Literature Review & Synthesis of Current Theory. Tweed Shire Council.

Singh Yadav SP, Mehata DK, Pokhrel S, Ghimire NP, Gyawali P, Katel S, Timilsina U. 2024. Invasive alien plant species (Banmara): Investigating its invasive potential, ecological consequences on biodiversity, and management strategies. Journal of Agriculture and Food Research. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101031

Smolar N. 1997. Ocena vpliva odvzema vode iz različnih tipov vodotokov na perifiton v času nizkih pretokov. [Magistrska naloga]. Ljubljana (SI): Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Biologijo.

RAZVOJ METODOLOGIJE ZA OCENO RAZVITOSTI EROZIJSKIH PROCESOV IN KARTIRANJE EROZIJSKE NEVARNOSTI NA OBMOČJIH POPLAVLJANJA CELINSKIH VODA IN MORJA

izr. prof. dr. Simon Rusjan, univ. dipl. inž. vod. kom. inž.[1],
asist. dr. Klaudija Lebar, univ. dipl. inž. vod. kom. inž.[1],
izr. prof. dr. Nejc Bezak, univ. dipl. inž. grad.[1],
izr. prof. dr. Gašper Rak, univ. dipl. inž. vod. kom. inž.[1],
Tadej Dolenc, mag. inž. ok. grad.[1],
prof. dr. Timotej Verbovšek, univ. dipl. inž. geol.[2]
doc. dr. Vesna Zupanc, univ. dipl. inž. kmet.[3],
asist. dr. Tamara Kuzmanić, mag. inž. rud.[1],
dr. Jošt Sodnik, univ. dipl. inž. grad.[1],
znanst. sod. dr. Andrej Vidmar, univ. dipl. inž. grad.[1],
prof. dr. Matjaž Mikoš, univ. dipl. inž. grad.[1]

[1] Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
[2] Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta,
[3] Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

Povzetek

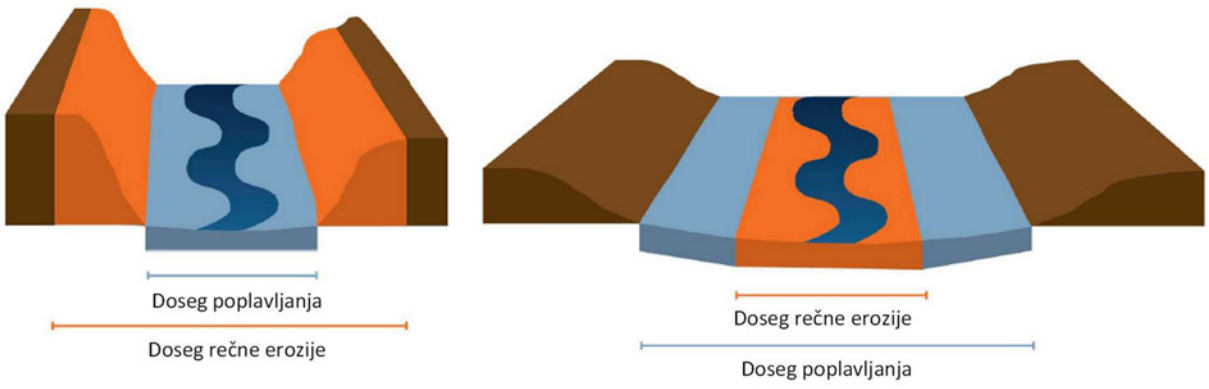
Sodobni pristopi k upravljanju s poplavnimi tveganji morajo kot pomemben element opredelitve nevarnosti vključevati tudi oceno razvitosti procesov rečne erozije in erozije morja. V praktičnih primerih analize prostorske razsežnosti poplavne nevarnosti se pogosto pojavljajo težave pri oceni potencialnega dosega erozijskega delovanja celinskih voda in morja. Zaradi prevladujočega hudourniškega značaja slovenskih vodotokov so procesi rečne erozije vzdolž slovenske rečne mreže zelo intenzivni, kar se je nazadnje pokazalo v poplavnem dogodku avgusta 2023. V prispevku so predstavljeni nekateri rezultati ciljnega raziskovalnega projekta V2-2371 (sofinancerja ARIS in MNVP). Glavni cilj CRP projekta je bil razvoj predloga metodologije za analizo intenzivnosti procesov rečne erozije in erozije obale morja na podlagi raziskav projektne skupine in praktičnih izkušenj ter poglobljenega pregleda tuje znanstvene in strokovne literature, ob upoštevanju obstoječih zakonodajnih in administrativnih okvirov. Predlagana metodologija, razvita v okviru CRP projekta, podaja usmeritve za strokovno opredelitev do potencialne razvitosti procesov rečne erozije in erozije morja. V okviru 2 nivojev implementacije metodologije so podane podrobnejše usmeritve

za vključevanje razpoložljivih terenskih podatkov o procesih rečne erozije in erozije morja, izvedbo analiz razpoložljivih podatkov o preteklem erozijskem in hidromorfološkem dogajanju ter interpretacijo rezultatov hidravličnega modeliranja. V prvem delu prispevka podajamo strnjen opis metodologije za oceno rečne erozije. V drugem delu prispevka so predstavljeni nekateri rezultati predlaganih manj kompleksnih metod analize procesov rečne erozije.

Uvod

Rečna ali fluvialna erozija je skupen izraz za številne naravne procese vzdolž rečnih strug, ki so posledica gibanja vodnega toka. Gre večinoma za t.i. linijsko erozijo, ki poteka predvsem vzdolž potekov strug vodotokov in obdajajočih poplavnih območjih. Rečna erozija zaobjema procese odplavljanja in odlaganja materiala, ki sestavlja strugo, brežine, tla na poplavnih območjih ter je sestavni del erozijsko-sedimentacijskega cikla, ki močno oblikuje pokrajino (Charlton, 2008). Procese rečne erozije povzroča gibanje vodnega toka kot posledica spremenjenih hidroloških razmer. Spremembe meteoroloških in hidroloških razmer so nerazdružljivo povezane s podnebnimi spremembami, v hidrološkem smislu se podnebne spremembe odražajo predvsem v spremenjeni pogostosti in magnitudi poplavnih dogodkov (Behrens in sod., 2010; Gobiet in sod., 2014; Matte in sod., 2019), ki neposredno vplivajo na procese rečne erozije. Glede na pričakovane spremembe podnebnih razmer bo zato treba v prihodnje predvideti tudi potencialne spremembe intenzitete rečne erozije in spremembe v obsegih erozijskih nevarnosti (ASFPM, 2016).

Prepletanje procesov rečne erozije (odplavljanja, premeščanja in odlaganja plavin) močno vpliva in sooblikuje tlorisni potek in prečni prerez strug vodotokov. V zadnjem času je bilo predlaganih nekaj pristopov (npr. ASFPM, 2016; ISJ, 2018; Hajdukiewicz in Wyżga, 2023; Blazewicz in sod., 2020) za oceno prostorskega obsega območij, ki jih lahko vodotok zaradi naravnih ali antropogenih vplivov zavzame s svojim erozijskim delovanjem. Z upravljavskega vidika je ključna predvsem ocena obsega območij, ki so lahko dovzetni za procese rečne erozije. Za tovrstna območja (pasove oz. koridorje) vzdolž strug vodotokov se je literaturi uveljavil izraz ***koridor rečne erozije*** (angl. fluvial erosion corridor). Pogosto so tovrstna območja v literaturi sicer opredeljena tudi kot območja nevarnosti rečne erozije, obrežni koridorji, erodibilni koridorji, aktivni rečni koridorji itd. (ASFPM, 2016; ISJ, 2018; FEMA, 1999; Blazewicz in sod., 2020). Ta območja so običajno prepoznana kot območja, ki jih je v bližnji preteklosti zasedala struga vodotoka, kamor se lahko struga vodotoka med poplavnimi dogodki premakne in v nekaterih primerih vključujejo tudi obdajajoče poplavne površine, kjer je verjetnost pojava erozijskih procesov večja (ISJ, 2018; Blazewicz in sod., 2020). Velja poudariti, da območja erozijske nevarnosti (koridor rečne erozije oz. erozijski koridor) pogosto prostorsko ne sovpadajo s poplavnimi območji pri posameznih poplavnih dogodkih določenih povratnih dob, saj obsežnejših procesov rečne erozije ne povzročajo samo ekstremni poplavni dogodki, temveč so erozijski procesi posledica kumulativnega delovanja vodnega toka tudi v obdobjih manjših in bistveno pogostejših poplavnih dogodkov. Pomembna ugotovitev nekaterih teoretičnih pristopov in tehničnih praks je, da koridorji rečne erozije torej niso omejeni ali enakovredni območjem poplavne nevarnosti (ISJ, 2018; FAN, 2015; Blazewicz in sod., 2020). Območja rečne nevarnosti so pogosto opredeljena kot: ***aktivni koridor vodotoka*** (angl. *Active Stream Corridor*) in ***mejni oz. varovalni pas rečne nevarnosti*** (angl. *Fluvial Hazard Buffer, FHB*). Konceptualno je potencialni prostorski doseg procesov rečne erozije shematsko prikazan na Sliki 1.



Slika 1: Shematski prikaz dosegov poplavljanja in dosegov rečne erozije (prirejeno po Blazewicz in sod., 2020).

V slovenski vodarski praksi se je uveljavila izdelava t.i. hidrološko-hidravličnih študij, katerih namen je skladno z veljavno zakonodajo opredeliti poplavno nevarnost v prostoru z uporabo hidravličnih modelov. Ob tem izdelovalci tovrstnih študij izdelajo večinoma grobo oceno razvitosti erozijskih procesov in opredelijo območja erozijske nevarnosti ter razrede erozijske nevarnosti. Dodatno velja izpostaviti, da do sedaj še ni bilo razvitih splošno sprejetih mednarodnih metod ali strokovnih smernic za oceno obsega in intenzivnosti procesov rečne erozije. Nedvomno je eden od glavnih vzrokov v tem, da so procesi rečne erozije izjemno kompleksni. Prostorska spremenljivost erozijskih procesov je običajno zelo velika ter pogosto predvsem posledica lokalnega erozijskega dogajanja in hidravličnih razmer v času posameznega poplavnega dogodka.

Opis predlagane metodologije

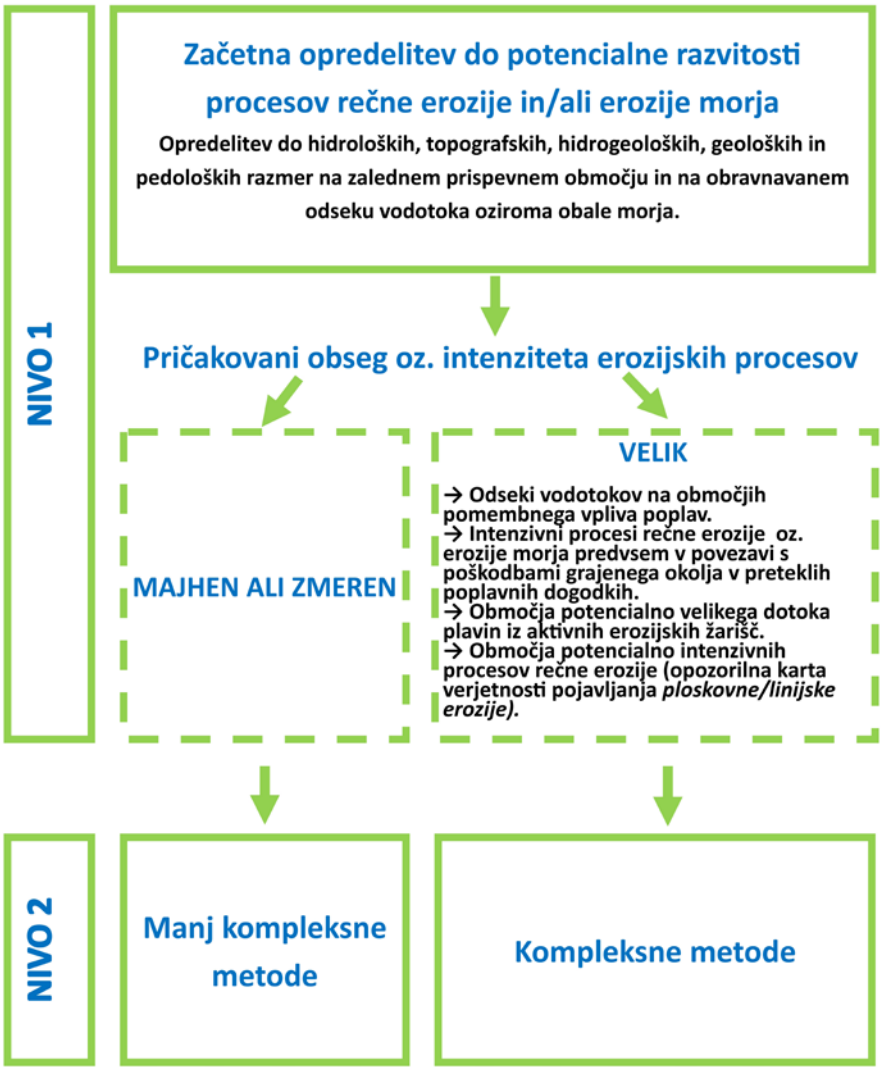
Razvoj metodologije za oceno razvitosti erozijskih procesov in kartiranje erozijske nevarnosti izhaja iz potreb po boljši zaščiti ljudi, infrastrukture in naravnega okolja pred posledicami rečne erozije in erozije morja. V Sloveniji so procesi rečne erozije zelo raznoliki – od hudourniških območij z intenzivnimi procesi odplavljanja plavin do ravninskih območij, kjer prevladujejo procesi odlaganja plavin. Zato je bila metodologija zasnovana tako, da omogoča prilagodljivost glede na lokalne razmere, hkrati pa zagotavlja sistematičen in ponovljiv pristop k ocenjevanju erozijske nevarnosti.

V splošnem lahko iz pregleda nekaterih novejših pristopov predlaganih v tujini ugotovimo, da je v primerjavi z metodologijami za izdelavo kart poplavne nevarnosti, področje kartiranja erozijske nevarnosti zaradi delovanja celinskih voda in morja še vedno precej slabo opredeljeno in razdelano. Posledično se tudi pristopi k obravnavi tematike precej razlikujejo, tako metodološko kot tudi z vidika prostorske natančnosti opredelitve erozijskih procesov.

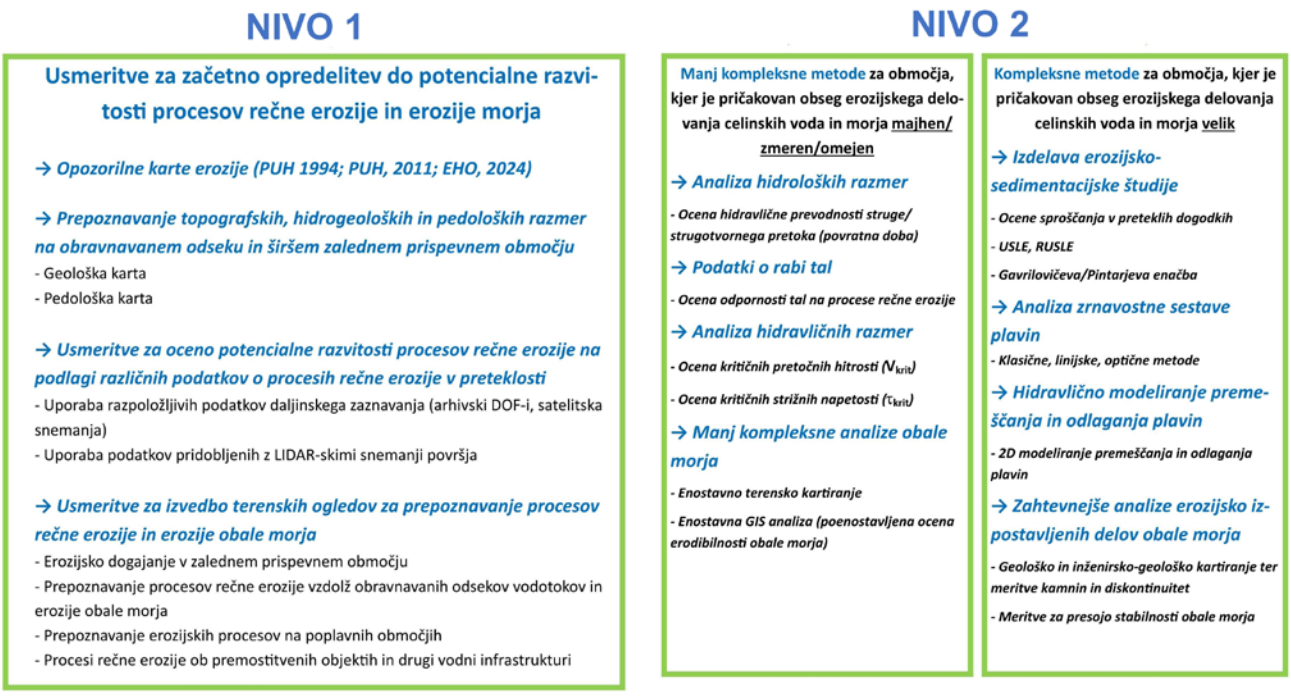
Pri zasnovi predloga metodologije smo želeli slediti osnovnemu principu, da se stopnja zahtevnosti analiz erozijske nevarnosti povečuje s poznanim (npr. na podlagi preteklih poplavnih dogodkov oz. drugih razpoložljivih podatkov) oz. pričakovanim (na osnovi dodatnih analiz v zalednem prispevnem območju vodotoka ali lokalnih razmer vzdolž obravnavanega odseka vodotoka) obsegom erozijskih procesov v strugi vodotoka in obdajajočih poplavnih površinah. Shematsko je koncept predlagane metodologije predstavljena na Sliki 2. Izhodišče za začetno opredelitev stopnje zahtevnosti analize procesov rečne erozije in erozije morja so usmeritve na t.i. ***Nivoju 1***. Na podlagi začetnih usmeritev, do katerih bi se izdelovalci tovrstnih strokovnih podlag lahko strokovno utemeljeno opredelili na Nivoju 1, so na ***Nivoju 2*** podane podrobnejše usmeritve za manj kompleksne in kompleksnejše analize procesov rečne erozije (Slika 3), na osnovi katerih se bi pristopilo k izdelavi kart erozijske nevarnosti celinskih voda in morja. Nivo 1 predstavlja t.i. opozorilno (začetno) raven, na osnovi katere se odloča o relevantnosti pojava rečne erozije oz. erozije morja in zahtevnosti analiz procesov rečne erozije in erozije morja na podrobnejšem Nivoju 2.

Osnovno vodilo pri izbiri pristopov/metod za analizo procesov rečne erozije in erozije morja predlaganih v okviru metodologije je, da so uporabljeni pristopi razviti za obravnavo erozijskih procesov v razmerah, ki so primerljive z razmerami, kakršne se pojavljajo vzdolž hidrografske mreže v Sloveniji oz. vzdolž obale slovenskega morja. Ob tem velja opozorilo, da je bila večina teoretičnih metod (npr. večina metod za oceno kritičnih pretočnih hitrosti in kritičnih strižnih napetosti), razvitih ob upoštevanju manj kompleksnih hidravličnih razmer, kakršne se pojavljajo oz. se jih lahko vzpostavi npr. v »kontroliranih« razmerah. Podobno velja za hidrodinamične modele, ki so uporabljeni za modeliranje hidravličnih razmer in so bili večinoma razviti za hidravlično analizo vodotokov s sorazmerno majhnimi vzdolžnimi nakloni dna struge oz. nakloni energijske linije. S tega naslova velja opozoriti na kritično vrednotenje in ustrezno strokovno opredelitev do rezultatov tovrstnih analiz z ustrezno interpretacijo lokalnih hidravličnih in erozijskih razmer vzdolž obravnavanih odsekov vodotokov. Kritična in verodostojna opredelitev do pričakovanega obsega in intenzitete erozijskih razmer je možna na osnovi ustreznih predznanj s področja hidrologije, hidravlike, urejanja vodotokov, hidromorfologije in načrtovanja hidrotehničnih objektov. Tovrstna znanja, v povezavi z analizo terenskih razmer na obravnavanih odsekih vodotokov oz. obale morja, po našem mnenju omogočajo strokovno opredelitev do pričakovanih procesov rečne erozije in erozije morja.

Rezultate nekaterih testnih primerov obravnavanih v CRP projektu (zaradi omejitve dolžine je v prispevku prikazan en primer manj kompleksne metode), smo prikazali na posameznih izsekih iz kart erozijske nevarnosti glede na razrede erozijske nevarnosti, opredeljene v Pravilniku, za katerega pa se pričakuje, da se bo v kratkem spremenil. Prostorsko smo na testnih primerih opredelili vrednosti rezultatov hidravličnih izračunov pri povratnih dobah poplavnih dogodkov, ki se upoštevajo glede na slovensko zakonodajo. Skladno s (trenutno še veljavnim) Pravilnikom je stopnja erozijske nevarnosti opredeljena z debelino odplavljenega sloja ali debelino odloženega



Slika 2: Osnovni koncept za implementacijo predlagane metodologije.



Slika 3: Podrobnejše usmeritve za implementacijo predlagane metodologije na Nivoju 1 in Nivoju 2.

sloja preperelega materiala. Pri opredelitvi nevarnosti procesov rečne erozije smo upoštevali mejne vrednosti -0,5 m in -2 m pri erodiranem oz. odnesenem materialu, pri akumuliranem oz. odloženem materialu pa 0,3 m in 1 m. Skladno s Pravilnikom je predvidena zgolj analiza erozijskih razmer samo pri poplavnem dogodku Q_{100}. V mnogih praktičnih primerih izdelave kart erozijske nevarnosti izdelovalci območje dosega Q_{100} označijo kot enovit razred erozijske nevarnosti. Kot je bilo večkrat poudarjeno v teoretičnem pregledu procesov rečne erozije, so le-ti tesno povezani s pojavnostjo različnih poplavnih dogodkov, ne samo poplavnega dogodka v rangu Q_{100}. V testnih primerih smo se opredelili do hidravličnih razmer in pričakovanih procesov rečne erozije še pri poplavnem dogodku s konico pretoka Q_{10} in Q_{500}. Prav tako predlagamo opredelitev hidravlične prevodnosti strug vodotokov z vidika upoštevanih povratnih dob skladno z zakonodajo.

Manj kompleksne metode za oceno procesov rečne erozije in erozije morja

Pri preizkušanju manj kompleksnih metod za oceno procesov rečne erozije in erozije morja je bilo glavno izhodišče, da v tovrstne analize vključimo podatke, s katerimi običajno razpolagajo izdelovalci hidrološko-hidravličnih analiz. Gre za rezultate hidravličnih izračunov in simulacij, vezanih na ugotovljene hidravlične razmere vzdolž obravnavanih odsekov strug vodotokov in na obdajajočih poplavnih območjih, predvsem podatke o globinah vodnega toka, pretočnih hitrostih in strižnih napetostih. Rezultate hidravličnega modeliranja je treba interpretirati z vidika morebitnih razpoložljivih podatkov o erozijskem dogajanju v preteklosti. Pri interpretaciji prostorsko razporejenih podatkov o hidravličnih razmerah je treba izpostaviti, da največje globine vodnega toka in maksimalne vrednosti pretočnih hitrosti in strižnih napetosti večinoma časovno ne sovpadajo, kar pomeni, da najintenzivnejši procesi rečne erozije (npr. odplavljanje materiala) pogosto časovno ne sovpada z največjimi dosegi poplavljanja. Izhodišča za uporabo manj kompleksnih pristopov so bila sledeča:

1) Pri upoštevanju hidroloških razmer smo se osredotočili na oceno hidravlične prevodnosti osnovne struge vodotoka z vidika povratne dobe. Pri tem je bilo vodilo, da smo upoštevali povratne dobe konic pretokov, ki se upoštevajo skladno s Pravilnikom, torej Q_{10}, Q_{100} in Q_{500}. Kot primer, če je prevodnost struge vodotoka manjša od Q_{10}, potem lahko glede na lokalne hidravlične razmere domnevamo, da je pojavnost procesov rečne erozije na določenem odseku in obdajajočih prispevnih območjih povečana.

2) V analizah potencialne razvitosti erozijskih procesov je bila upoštevana razdelitev rabe tal, kakršna je podana v vektorskem podatkovnem sloju MKGP. Pri klasifikaciji rabe tal MKGP je seveda poudarek na podrobnejši razčlenitvi rabe kmetijskih površin. Z vidika hidravličnih razmer (hrapavosti površin) in erozijskih razmer (dovzetnosti za procese rečne erozije) lahko nekatere razrede rabe tal (predvsem različne rabe tal za intenzivno kmetijsko rabo) združimo. Na ta način lahko skupini razredov rabe tal, ki so si z vidika hidravličnih hrapavostnih razmer podobni, pripišemo podobne (po strokovni presoji lahko tudi enake) vrednosti koeficientov hrapavosti. Erodibilnost kmetijskih površin je odvisna od faze rasti kmetijskih poljščin, ki vplivajo na hrapavostne razmere in protierozijsko vlogo vegetacijskega pokrova. Največja dovzetnost za erozijo na kmetijskih površinah kot posledica delovanja gibanja vodnega toka je v zgodnjih fazah razvoja rastlin, ko so tla večinoma neporaščena. Ob tem večina poljščin tudi v obdobjih najintenzivnejše razrasti še vedno nudi relativno slabo protierozijsko zaščito tal pred poplavnimi vodami. Protierozijska odpornost tal na kmetijskih površinah je odvisna še od medvrstne razdalje in fenološkega razvoja rastline. Glede na kategorizacijo rabe tal MKGP velja opozoriti, da ima generalizacija rabe (združevanje več različnih rab v eno skupino) z vidika erozijske odpornosti določene omejitve. Lahko izpostavimo skupino njive, hmeljišče in trajne rastline na njivskih površinah. Medtem ko so trajne rastline na njivskih površinah podobne njivski rabi, so lahko hmeljišča z vidika vpliva na hrapavostne razmere in podvrženosti eroziji precej drugačna. Slednje je treba smiselno upoštevati pri hidravličnem modeliranju na območjih s hmeljskimi žičnicami in podobnimi podpornimi elementi (npr. v sadovnjakih in vinogradih).

3) Podatki o sestavi tal na poplavnih območjih večinoma niso na razpolago. Kot podatkovni sloji, na podlagi katerih se lahko v grobem opredelimo do erodibilnostih lastnosti tal, se predlaga upoštevanje javno dostopnih geoloških in pedoloških kart. Na podlagi teh podatkov se izdelovalci tovrstnih analiz lahko v grobem opredelijo do erodibilnostih lastnosti tal z vidika ugotovljenih hidravličnih in erozijskih razmer na obravnavanih območjih. Če so na voljo dodatni podatki o erodibilnostnih lastnostih tal na obravnavanih območjih (npr. zrnavostna sestava tal), naj se le-ti ustrezno upoštevajo z vidika opredelitve kritičnih pretočnih hitrosti in kritičnih strižnih napetosti.

4) Glede na podatke o kritičnih pretočnih hitrostih in kritičnih strižnih napetostih, smo pri interpretaciji rezultatov hidravličnih izračunov z vidika potencialne razvitosti erozijskih procesov (prevladujočih procesov odplavljanja erodiranega materiala) upoštevali mejne/kritične vrednosti, ki se najpogosteje pojavljajo v literaturi. Dejanske posledice razvitosti erozijskih procesov so močno odvisne od lokalnih razmer, zato se mora do njih ustrezno strokovno opredeliti izdelovalec tovrstnih analiz. Pri tem si lahko pomaga z usmeritvami za opredelitev do potencialne razvitosti procesov rečne erozije (Nivo 1), na podlagi katerih tudi strokovno utemelji ustreznost uporabe manj kompleksnih metod za oceno potencialne razvitosti procesov rečne erozije. Predlagani razredi mejnih kritičnih vrednosti pretočnih hitrosti ($\mathbf{V_{krit}}$) in strižnih napetosti ($\mathbf{t_{krit}}$) so povzeti v Preglednici 1.

Zelo erodibilne zemljine brez vegetacijskega pokrova	Manj erodibilne zemljine brez vegetacijskega pokrova	Zatravljena površina (slabše razvita travnata ruša)	Zatravljena površina (dobro razvita travnata ruša)	Pričakovani obsežnejši erozijski procesi ne glede na rabo tal
V_{krit} = 0,5–1 m/s τ_{krit} = 1–5 N/m^2	V_{krit} = 1 m/s τ_{krit} = 5–10 N/m^2	V_{krit} = 1–1,5 m/s τ_{krit} = 10–50 N/m^2	V_{krit} = 1,5–2 m/s τ_{krit} = 50–100 N/m^2	V_{krit} > 2 m/s τ_{krit} > 100 N/m^2

Preglednica 1: Predlagani razredi mejnih kritičnih vrednosti pretočnih hitrosti (V_{krit}) in strižnih napetosti (τ_{krit}) na podlagi priporočenih vrednosti iz literature.

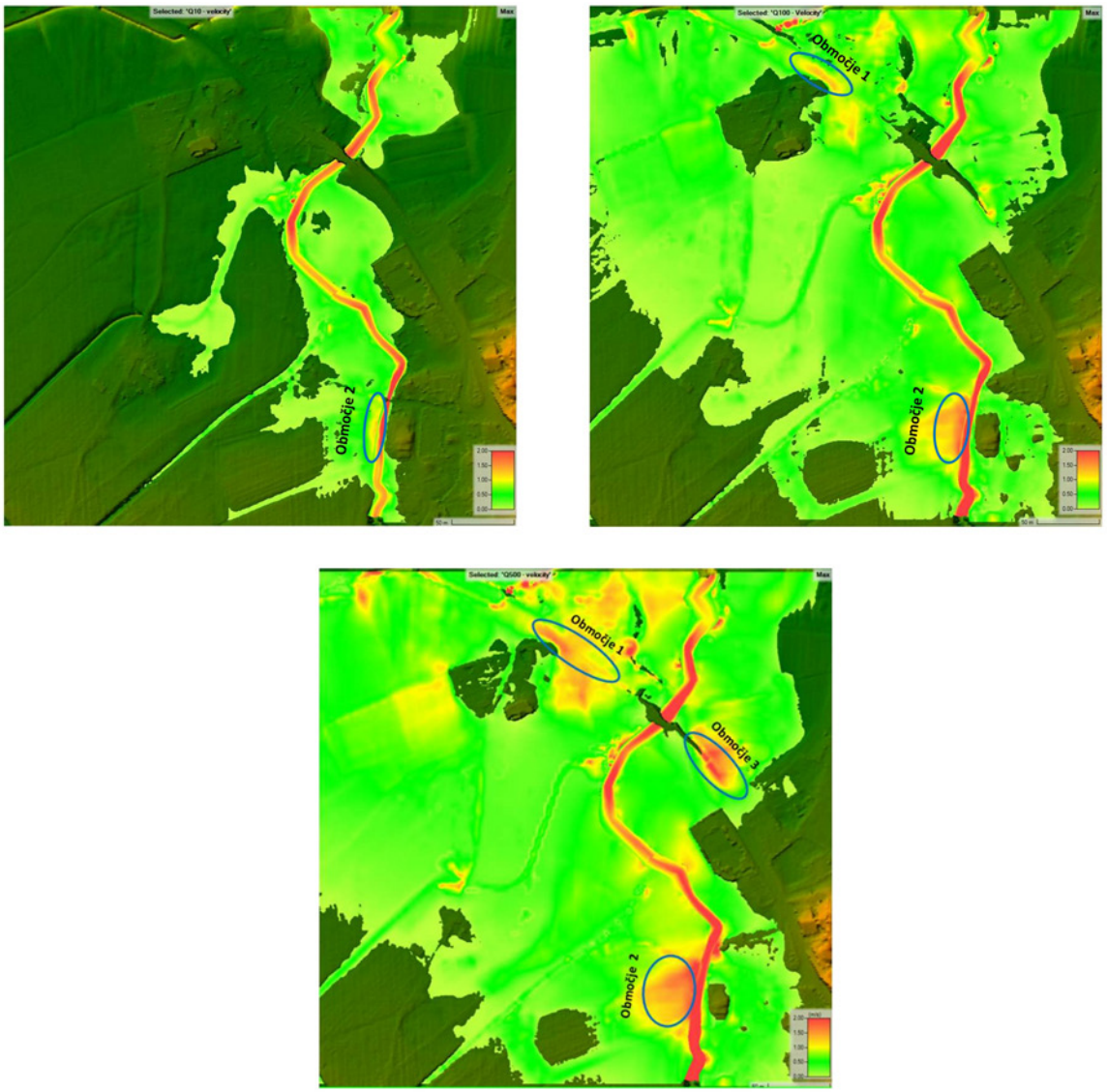
Testiranje predlagane metodologije

V nadaljevanju predstavljamo zgolj nekatere rezultate testiranj opravljenih analiz procesov rečne erozije z uporabo manj kompleksnih metod. Osnovni predhodni korak za tovrstne analize je opredelitev izdelovalcev tovrstnih analiz do pričakovanega obsega erozijskih procesov na osnovi usmeritev za začetno opredelitev do potencialne razvitosti procesov rečne erozije (na Nivoju 1). V prispevku so predstavljeni rezultati enega primera analize procesov rečne erozije, več informacij o testiranjih kompleksnih metod za analizo procesov rečne erozije in erozije morja je podanih v končnem poročilu CRP projekta (FGG, 2025). Predlagani manj kompleksni pristopi so bolj aktualni z vidika vsakdanje inženirske prakse izdelovanja tovrstnih analiz v okviru hidrološko-hidravličnih študij. Izhodišče za izbiro testnih primerov in preizkušanje predvsem zahtevnih, kompleksnejših metod, je bila analiza procesov rečne erozije in erozije obale morja na območjih, kjer so se v preteklosti zgodili poplavni dogodki v kombinaciji z intenzivnimi erozijskimi procesi in kjer so na razpolago nekateri podatki o dosegih erozijskih procesov zaradi poplavljanja voda v povezavi z erozijskim delovanjem vodnega toka (tako odplavljanja kot tudi odlaganja erodiranega materiala). Velja izpostaviti, da v povezavi z naraščanjem zahtevnosti hidravličnih izračunov (npr. 2D hidrodinamični modeli) in kombiniranja le-teh z modeliranjem premeščanja plavin (npr. 2D modeli premeščanja plavin) izrazito naraščajo zahteve po vhodnih podatkih, ki so ključni za verodostojno analizo hidravličnih razmer in njihovo nadgradnjo v smeri analize pričakovanih procesov rečne erozije.

Primer manj kompleksne analize hidravličnih in erozijskih razmer

V nadaljevanju kot primer poenostavljene analize predstavljamo rezultate hidravličnih izračunov z upoštevanjem vtočnih hidrogramov s konicami pretokov Q_{10}, Q_{100} in Q_{500}. Obravnavan je odsek struge Dobrunjščice (pritoka reke Ljubljanice) je brez razlivanja poplavnih voda na obdajajočo poplavno ravnico sposoben prevajati pretoke, ki so bistveno manjši od pretokov s konico v rangu Q_{10}. Pri pretokih v rangu konice Q_{10} tako pride do razlivanja poplavnih voda predvsem na levo poplavno ravnico (intenzivno na Območju 2, Slika 4), lokalno se poplavne vode na desno poplavno ravnico razlijejo na posameznih nižje ležečih območjih in na skrajnem dolvodnem delu obravnavanega odseka. Na Sliki 4 so prikazane ocenjene maksimalne vrednosti pretočnih hitrosti na podlagi hidravličnih simulacij poplavnih dogodkov Q_{10}, Q_{100} in Q_{500}.

Pri pretoku Q_{100} pride do obsežnih razlivanj poplavnih voda na levo in desno poplavno območje. Večinoma so preplavljene kmetijske površine, vzdolž odseka so poplavno ogroženi tudi stanovanjski in gospodarski objekti. Iz rezultatov simulacij je razvidno, da maksimalne pretočne hitrosti presežejo 2 m/s na območju struge Dobrunjščice, na poplavnih območjih se gibljejo večinoma pod 0,5 m/s. Lokalno na poplavnih območjih hitrost vodnega toka doseže ali celo nekoliko preseže hitrost 1 m/s, predvsem na odsekih, kjer prihaja do

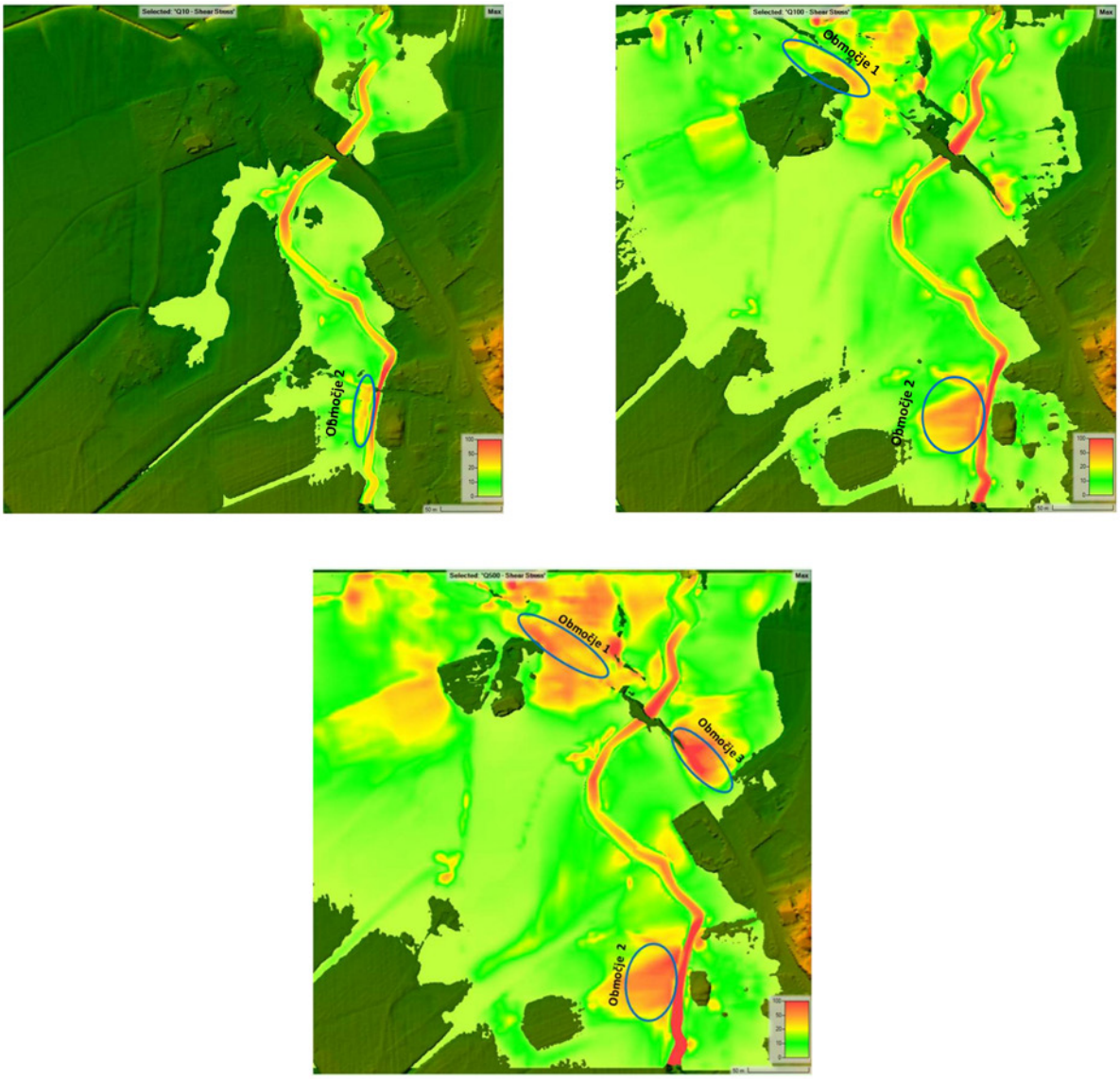


Slika 4: Maksimalne pretočne hitrosti (v m/s) pri poplavnih dogodkih s konicami pretoka Q_{10} (levo zgoraj), Q_{100} (desno zgoraj) in Q_{500} (spodaj) vzdolž obravnavanega odseka struge Dobrunjščice.

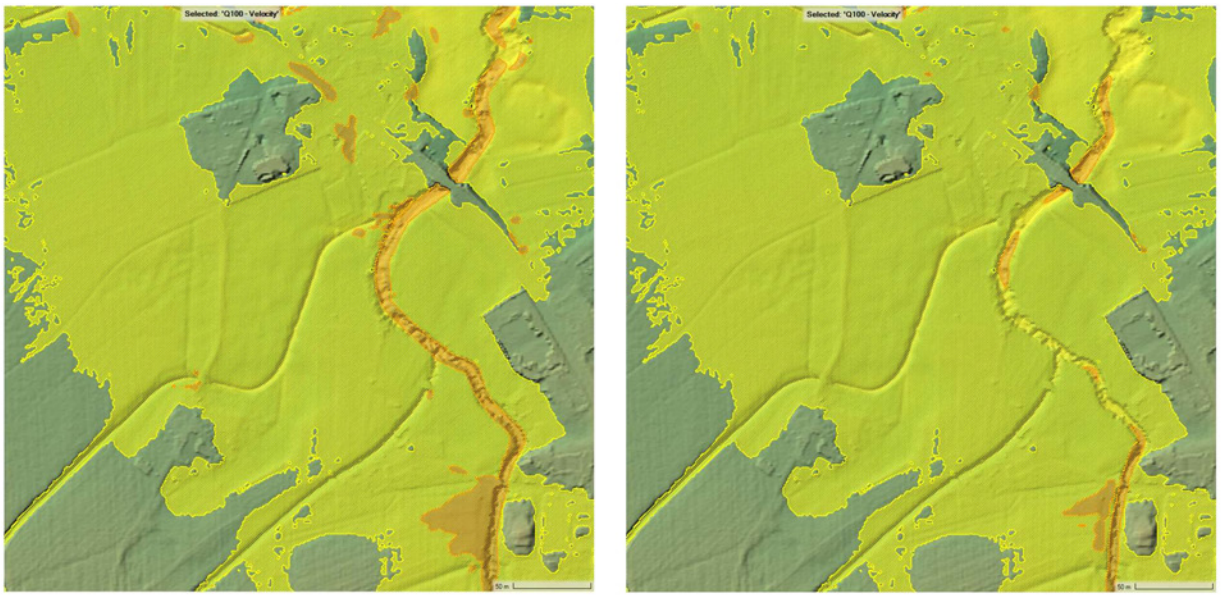
prelivanja cestnih nasipov, ki prečkajo poplavno območje (npr. Območje 1, označeno na Sliki 4 pri poplavnih razmerah v primeru poplavnega dogodka Q_{100}). Na tovrstnih odsekih lahko že v primerih sorazmerno plitkega začetnega prelivanja poplavnih nasipov na dolvodni strani pride do intenzivnejših oblik rečne erozije, ki so posledica lokalnih pojavov vodnih skokov. Opredelitev odsekov, kakršno je Območje 1 na sliki 4, lahko služi kot dodatna informacija, na katerih odsekih cestne infrastrukture bi bilo treba razmisliti o morebitnih dodatnih protierozijskih ukrepih.

Na Sliki 5 so prikazane ocenjene maksimalne vrednosti strižnih napetosti na podlagi hidravličnih simulacij poplavnih dogodkov.

V splošnem lahko ugotovimo, da se območja največjih strižnih napetosti pričakovano večinoma prostorsko ujemajo z območji največjih pretočnih hitrosti. Vrednosti strižnih napetosti nad 100 N/m^2 se pojavljajo zgolj na območju glavne struge. Na obdajajočih poplavnih površinah strižne napetosti na Območju 1 in Območju 2 lokalno presežejo 50 N/m^2, kar je v nekaterih raziskavah iz literature že spodnja meja vrednosti strižnih napetosti, ki lahko poškodujejo in odplavijo tudi dobro razvito travnato rušo. Na Območju 2 strižne napetosti pri poplavnem dogodku s konico pretoka Q_{100} lokalno presežejo 70 N/m^2. Na območjih, kjer so pretočne hitrosti in strižne napetosti majhne (različni odtenki zelene barve na Slikah 4 in 5), so procesi rečne erozije v smislu procesov odplavljanja materiala manj verjetni, večja je verjetnost odlaganja materiala (lebdečih plavin), ki jih premešča vodni tok. Z vidika erozijskih razmer v zaledju se ne pričakuje, da bi bil dotok erodiranega materiala na obravnavani odsek velik, posledično bi bile tudi debeline odloženega materiala na poplavnih površinah majhne. Glede na mejne vrednosti, opredeljene v Pravilniku, bi na teh območjih predlagali opredelitev razreda majhne erozijske nevarnosti z vidika kriterija debeline sloja odloženega materiala.



Slika 5: Maksimalne strižne napetosti (v N/m^2) vzdolž obravnavanega odseka struge Dobrunjščice pri poplavnih dogodkih s konicami pretoka Q_{10} (levo zgoraj), Q_{100} (desno zgoraj) in Q_{500} (spodaj).



Slika 6: Primerjava razredov erozijske nevarnosti po prevladujočem kriteriju debeline odplavljenega erodiranega materiala ob upoštevanju mejne vrednosti pretočne hitrosti 1 m/s (levo) in mejne vrednosti strižne napetosti 50 N/m^2 (desno) pri poplavnem dogodku s konico pretoka Q_{100}. Oranžna šrafura označuje območja srednje erozijske nevarnosti, rumena šrafura območja majhne erozijske nevarnosti.

Na zgoraj omenjenih območjih bi z vidika erozijske nevarnosti (kriterij odplavljanja erodiranega materiala skladno s Pravilnikom) predlagali opredelitev območja srednje erozijske nevarnosti. Glede na prevladujoče travnate površine bi lahko kot mejo za opredelitev območja srednjega razreda erozijske nevarnosti upoštevali kritično strižno napetost 10-20 N/m^2 (v primeru nerazvite oz. slabo razvite travnate ruše) oz. 50 N/m^2 (dobro razvita travnata ruša). Pri vrednostih, ki presegajo 100 N/m^2, se na poplavnih območjih lahko pričakuje intenzivnejše procese rečne erozije z vidika nevarnosti odplavljanja materiala. Na sliki 6 je prikazana primerjava razredov erozijske nevarnosti z upoštevanjem vrednosti pretočnih hitrosti in strižnih napetosti kot mejnih vrednosti med razredom majhne erozijske nevarnosti in razredom srednje erozijske nevarnosti.

Območja, določena po obeh kriterijih, se v pretežni meri prekrivajo, obseg razreda srednje erozijske nevarnosti je ob upoštevanju kriterija kritične pretočne hitrosti večji kot ob upoštevanju kriterija mejne strižne napetosti. Iluzorno je pričakovati, da bo prekrivanje območij, določenih na osnovi različnih hidravličnih kriterijev, povsem sovpadalo. V teh primerih predlagamo upoštevanje kriterija, na podlagi katerega so območja višjih razredov poplavne nevarnosti prostorsko obsežnejša oz. upoštevanje prostorske razsežnosti združenih območij, opredeljenih po različnih kriterijih. Pri tem se je treba zavedati negotovosti pri interpretaciji tovrstnih rezultatov, vsekakor pa tovrstne analize pripomorejo k identifikaciji območij, kjer je razvoj intenzivnejših oblik rečne erozije bolj verjeten (npr. Območje 1 in Območje 2 na slikah 3 in 4). Vsekakor naj se v tovrstne analize vključi tudi presojo hidravličnih in erozijskih razmer pri pretokih s konico Q_{10} in Q_{500}. Analiza razmer pri pretoku Q_{10} je pomembna z vidika večje verjetnosti in pogostosti pojavljanja procesov rečne erozije, razmere pri pretoku Q_{500} pa predstavljajo vpogled v »preostalo« erozijsko nevarnost, ki je pomembna z vidika hidrološke negotovosti pri analizah povratnih dob pretokov. Nujno pa je v izdelavo kart poplavne nevarnosti in nevarnosti erozije celinskih voda vključiti tudi območja strug vodotokov, torej območja vodnih zemljišč.

Zaključek

V prispevku so predstavljeni nekateri rezultati analiz procesov rečne erozije in erozije morja izvedeni v okviru CRP projekta št. V2-2371, z naslovom »Razvoj metodologije za oceno razvitosti erozijskih procesov in kartiranje erozijske nevarnosti na območjih poplavljanja celinskih voda in morja«. Na podlagi izvedenega pregleda literature s področja procesov rečne erozije in erozije morja ter nekaterih tujih pristopov k analizi nevarnosti rečne erozije in erozije obale morja, smo v okviru razvoja metodologije prilagojene za razmere v Sloveniji, predstavili usmeritve za oceno intenzivnosti erozijskih procesov in kartiranje območij erozijske nevarnosti celinskih voda in morja.

V prihodnosti bo treba procesom rečne erozije in erozije morja nameniti bistveno več pozornosti v okviru izdelave t.i. hidrološko-hidravličnih študij in ostalih analiz. Prvi korak k temu je skladno s predlagano metodologijo v okviru manj kompleksnih metod nadgraditi obstoječe hidravlične izračune in simulacije s podrobnejšo interpretacijo hidravličnih razmer, ki lahko na določenih lokacijah pomagajo pri prepoznavanju in napovedovanju intenzivnejših procesov rečne erozije. Programska orodja, ki omogočajo modeliranje premeščanja plavin (npr. 2D modeli premeščanja plavin), so sorazmerno nova in zahtevajo veliko vhodnih podatkov in modelnih predpostavk, njihova uporaba in izvrednotenje verodostojnih rezultatov o pričakovanih procesih rečne erozije je zahtevno. Podrobnosti o uporabi kompleksnih metod za analizo procesov rečne erozije so na voljo v končnem poročilu CRP projekta (FGG, 2025). Kljub temu priporočamo, da se posamezni odseki vodotokov, ki so poznani kot kritični z vidika intenzitete procesov rečne erozije oz. se jih opredeli na podlagi predlaganih kriterijev, analizirajo tudi s pomočjo kompleksnejših metod ob zavedanju potencialnih negotovosti povezanih s tovrstnimi analizami.

Viri

ASFPM Riverine Erosion Hazards Working Group. 2016. "ASFPM riverine erosion hazards white paper, https://asfpm-library.s3-us-west2.amazonaws.com/ASFPM_Pubs/ASFPM_Riverine_Erosion_White_Paper_2016.pdf

Behrens, A., Carraro, M., Georgiev, A., 2010. Future impacts of climate change across Europe. CEPS.

Blazewicz, M., Jagt, K. and Sholtes, J. 2020. "Colorado Fluvial Hazard Zone Delineation Protocol Version 1.0". Colorado Water Conservation Board.

Charlton, R., 2008. Fundamentals of fluvial geomorphology. Routledge, Abingdon, Združeno kraljestvo. 264p. ISBN 0-203-37108-9.

FAN, 2015. Empfehlung zur Beurteilung der Gefahr von Ufererosion an Fliessgewässern. www.fan-info.ch bzw.

FEMA., 1999. Riverine Erosion Hazard Areas Mapping Feasibility Study.

FGG, 2025. Razvoj metodologije za oceno razvitosti erozijskih procesov in kartiranje erozijske nevarnosti na območjih poplavljanja celinskih voda in morja, Končno poročilo CRP projekta, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 248 str.

https://www.fgg.uni-lj.si/raziskovalna-dejavnost/projekti/v2-2371-razvoj-metodologije-za-oceno-razvitosti-erozijskih-procesov/

Gobiet, A., Kotlarski, S., Beniston, M., Heinrich, G., Rajczak, J., & Stoffel, M., 2014. 21st century climate change in the European Alps-A review. Science of the Total Environment, 493, 1138–1151. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.050.

Hajdukiewicz, H., & Wyżga, B., 2023. Analysis of historical changes in planform geometry of a mountain river to inform design of erodible river corridor. Ecological Engineering, 186, 106821.

ISJ, 2018. Fluvial Erosion Hazards in Indiana. Indiana Silver Jackets Report.

Matte, D., Larsen, M. A. D., Christensen, O. B., & Christensen, J. H., 2019. Robustness and scalability of regional climate projections over Europe. Frontiers in Environmental Science, 7(JAN). https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00163

STRAŽUNSKI KANAL: OD ODVODNIKA ODPADNIH VODA JUGOVZHODNEGA DELA MARIBORA DO OBMOČJA NARAVNEGA SPOMENIKA

dr. Uroš Krajnc, univ.dipl.inž.gradb.

Povzetek

Prvi koncept odvodnjavanja odpadnih in padavinskih voda Pobrežja in Tezna je predvidel uporabo naravnega odprtega odvodnika Stražunskega kanala kot betonsko konstrukcijo, sprva odprto, končno pa prekrito. Poznejši sodobnejši koncept, ki je tudi izgrajen, je vseboval glavni kanalizacijski zbiralnik Tezno I vzporeden s Stražunskim kanalom, na katerega se priključuje sekundarna kanalizacija preko razbremenilnikov in zadrževalnikov z namenom zaščite kakovosti vode Stražunskega kanala. Gradili so se objekti odvodnjavanja padavinskih voda za izboljšanje protipoplavne varnosti mesta ter objektov čiščenja padavinske vode predvsem iz hitrih cest in avtocest v samem Mariboru in njegovi bližini. Zadnja projektantska rešitev za ta del Maribora je bila zastavljena v celoviti hidravlični študiji mesta Maribor iz v leta 12021, ki je vsebovala potrebne objekte dokončanja kanalizacije. Območje Stražuna je bilo leta 1992 razglašeno za naravni spomenik, izdelani so načrti potrebnih ukrepov. Meritve kakovosti voda Stražunskega kanala kažejo na nujnost dokončanja kanalizacijskega omrežja.

Uvod

Na primeru funkcije Stražunskega kanala pri odvodnjavanju odpadnih in padavinskih voda Pobrežja in Tezna , se pravi jugovzhodnega dela Maribora, želimo prikazati razvoj in spremembe pri razumevanju vloge površinskih odvodnikov znotraj mestnih meja.

Za Stražunski kanal se velikokrat uporablja ime Stražunski jarek, vendar je v Atlasu okolja na spletni strani Ministrstva za naravne vire in prostor uporabljeno ime Stražunski kanal.

Urbanizacija severovzhodnega dela Maribora

Prva poselitev Pobrežja je bila ob reki Dravi. Poznejši razvoj je bil v smeri juga proti Stražunskemu jarku.

Gospodarski razvoj Tezna je močno pospešila izgradnja južne železnice, ko so v njeni bližini začeli nastajati številni industrijski obrati. Veliko spremembo je predstavljala gradnja tovarne letalskih motorjev v času druge svetovne vojne in povojni razvoj velike Tovarne avtomobilov Maribor. Zgradili so kanalizacijo do reke Drave. Kasnejši ogled ob nameravani rekonstrukciji je ugotovil odlično stanje cevi in spojev.

V času po drugo svetovni vojni je Tezno doživelo izredno hiter napredek. Zaradi industrijske širitve so je naglo širila tudi stanovanjska pozidava. Na Teznu so bili zgrajeni številni stanovanjski bloki,



Slika 1: Stražunski kanal pred glavnim razbremenilnikom (Poročilo o stanju voda v Stražunskem gozdu)

ki so jih za svoje zaposlene gradile mariborske tovarne (predvsem v Zgornjem Teznu) in individualne hiše (Spodnje Tezno in Tezenska Dobrava). Tezno se je tako razširilo do Tabora na severu in Miklavža jugu.

Predlog in izvedba kanalizacije po načrtih Bogomirja Ranca

Stražunski kanal v dolžini 5900 m je odprti jarek zgrajen leta 1964 z namenom, da sprejema v območju Stražuna, predvsem v severozahodnem delu vode iz lokalnih izvirov (drenaža podtalnice na spodnji terasi) in hkrati služi kot odprt jarek za transport odpadnih voda Pobrežja in Tezna na čistilno napravo za odpadne vode na območju Dogoš. Po konceptu projektanta Bogomirja Ranca naj bi se kanal v drugi fazi prekril.

Stražunski kanal poteka ob robu Stražunskega gozda in se začne na območju Pobrežja, južno od Belokrajnske ulice na spodnji terasi pod Nasipno cesto. Nato prečka Hitro cesto, kjer je centralni lovilec olja in peska (CLOP), dalje poteka po Stražunskem gozdu do Ulice Heroja Nandeta, dalje ob robu gozda na Teznu, dalje skozi severo-zahodno območje Dogoš, kjer prečka energetski kanal SDI in poteka dalje ob severnem robu naselja Dogoš v Dravo.

Zavarovanje dna jarka je izvedeno z betonskimi kanaletami. Prečni profil je trapezne oblike z naklonom brežin 1:1,5 in širino dna 1 m. Povprečna globina profila je 3 m, padec nivelete kanala je 0,25 %. Ob izgradnji HE Zlatoličje je bil izdelan propust pod energetskim kanalom, ki dovaja vode na HE Zlatoličje.

Predlog in izvedba kanalizacije po načrtih Mitje Rismala

Nov koncept odvodnje tega dela Maribora je bil zastavljen z dvema kolektorjema Tezno I in Tezno II v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja. Projektant je po študiju na Tehnološki fakulteti v Delftu na Nizozemskem začel uvajati v slovenski prostor sodobne koncepte glavnih kanalizacijskih zbiralnikov, ki občasno delujejo pod tlakom in so opremljeni z oddušnik. Tako se je izvedel glavni desnoobrežni zbiralnik v Mariboru od Studencev do Melja in glavni zbiralnik na levem bregu Savinje v Celju. Nov koncept obsega izgradnjo kanalizacijskega cevovoda Tezno I vzporedno s Stražunskim kanalom. Sušni odtok kanalizacijskega omrežja mešanega sistema za Pobrežje, Brezje in del Tezna, ki gravitira k Stražunskemu kanalu se vodi po kolektorju Tezno I, razbremenjene vode pa po Stražunskem kanalu v Dravo. Na kolektorju Tezno I se nahaja 10 razbremenilnih objektov, ki so stari

30 let in več. Vedno več je utrjenih, asfaltiranih površin, zaradi tega so postali razbremenilniki R1 do R10 pod dimenzionirani. V času večjih nalivov se namreč količine odpadne vode znatno povečajo in presegajo kapaciteto centralne čistilne naprave v Dogošah. Prav tako tudi niso primerno opremljeni s hidromehansko in mersko opremo. Rešitev tega problema je premik vseh razbremenilnih objektov iz kolektorja Tezno I na sekundarne kanale, objekti bodo opremljeni z ustrezno hidromehansko opremo, kar bo omogočilo večje razbremenjevanje čiste vode preko prelivov v Stražunski kanal tako, da sam kolektor in centralna čistilna naprava ne bosta več obremenjena v tolikšni meri.

Kolektor Tezno I lahko razdelimo na 3 odseke:
1. gravitacijski do črpališča in CLOP-a (ob Hitri cesti) v dolžini 750 m
2. tlačni v dolžini 400 m
3. gravitacijski v dolžini 3150 m do združitve s kolektorjem Tezno II

Ob izgradnji glavnega kolektorja od Svile do CČN je bil v Dogošah pred prečkanjem energetskega kanala SDI, zgrajen nov združitveni objekt. Objekt je hkrati združitveni objekt za Tezno II in glavni kolektor, ter razbremenilni objekt, kjer se razbremenjene vode prelivajo v Stražunski kanal.

Izgradnja hitrih cest in avtoceste - dodatna hidravlična obremenitev Stražunskega jarka

Podatke o gradnji teh cest je posredoval Boris Stergar, udig s člankom Hitra cesta v Mariboru Načrtovanje, financiranje in izgradnja.

2. etapa Hitre ceste se je izvajala med l. 1980 in junijem 1985. Obsegala je novogradnjo 4-pasovne hitre ceste, rezervirane za motorni promet med Ptujsko cesto in Meljsko cesto. V sklopu te izgradnje je bil zgrajen CLOP (kratica za objekt Centralni lovilec olja in peska, ki je lociran na desnem bregu Stražunskega jarka v njegovi neposredni bližini. Projektant je oblikoval tloris objekta skladen s straso Stražunskega jarko, torej v krivini. Kasneje so nastale težave, v tako oblikovani objekt ni bilo možno vgraditi mehanske opreme za čiščenje olj in peska, zato je bil kasneje zgrajen novi CLOP pravokotnega tlorisa.

Avtocesta Slivnica - Pesnica s svojim pododsekom Ptujska cesta - Zrkovska cesta poteka od Ptujske ceste skozi gozd do Dogoš, kjer prečka Stražunski kanal in kolektor Tezno II, dalje poteka vzporedno z energetskim kanala SDI do priključka z Zrkovsko cesto. Odvodnjavanje padavinskih vod tega avtocestnega pododseka je v Stražunski kanal. Lokacija čistilnega objekta za te padavinske vode in izpusta v Stražunski kanal je ob kanalu SDI v bližini združitvenega objekta Tezno II in glavnega kolektorja.

Zaradi dodatnih količin padavinskih voda iz AC je bila izdelana prevera hidravličnih razmer Stražunskega kanala dolvodno od energetskega kanala SDI do izliva v Dravo. Zaradi velike razlike v velikosti povodja maksimalni pretoki v Dravi in Stražunskem kanalu ne nastopijo istočasno. Projektni pretoki za Stražunski kanal so naslednji : Q_{100} = 12,6 m^3/s, Q_{10}= 7,1 m^3/s in Q_1= 4,0 m^3/s.

Analiza rezultatov hidravličnega izračuna je pokazala, da poglavitno zajezbo povzroča cevni prepust D=100 cm pod Ulico nad reko. Zato je



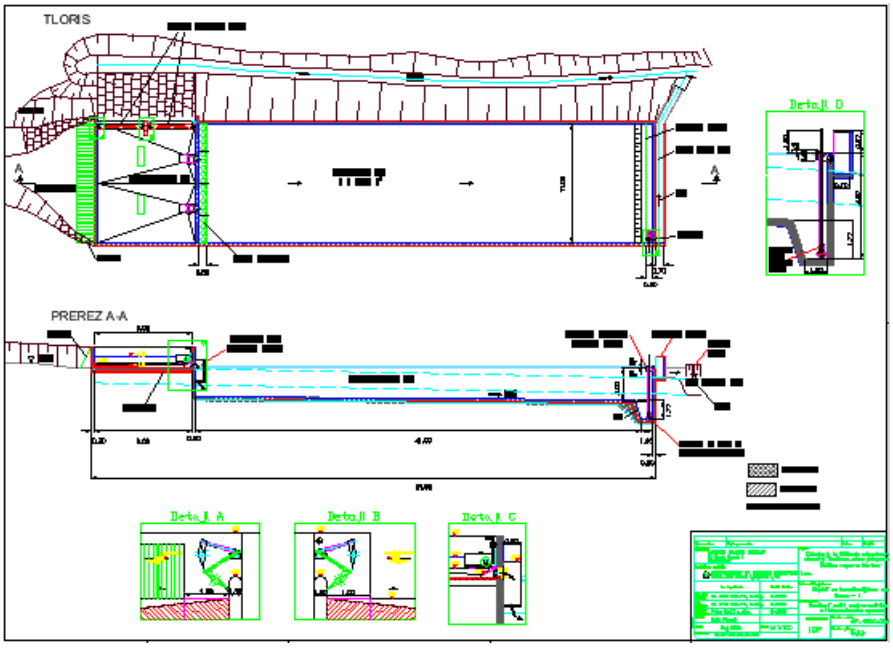
Slika 2: Območje zahodnega dela, ki gravitira proti Stražunu s prikazom navezave HC preko zadrževalnika CLOP



Slika 3: Prvotna izvedba CLOP-a (Odvodnja javnih cest v urbaniziranih naseljih Uroš Krajnc, Boris Stergar, Kongres o cestah, Portorož 2015)



Slika 4: Stari in novi CLOP (https://www.google.com/maps/)



Slika 5: Načrt potrebne rekonstrukcije objekta CLOP

bila predlagana zamenjava obstoječega prepusta z večjim, škatlastim svetle širine 4 m in višine 2,5 m.

Območje Stražuna naravni pomenik

Območje Stražuna je bilo leta 1992 razglašeno za naravni spomenik z Odlokom o razglasitvi naravnih znamenitosti na območju občine Maribor (MUV 17, 1912). Stražun je bil ovrednoten kot parkovni gozd z izjemno poudarjeno rekreacijsko, ekološko-izravnalno in krajinsko-oblikovno funkcijo. Prav tako Stražunski gozd sodi med gozdove s posebnim namenom.

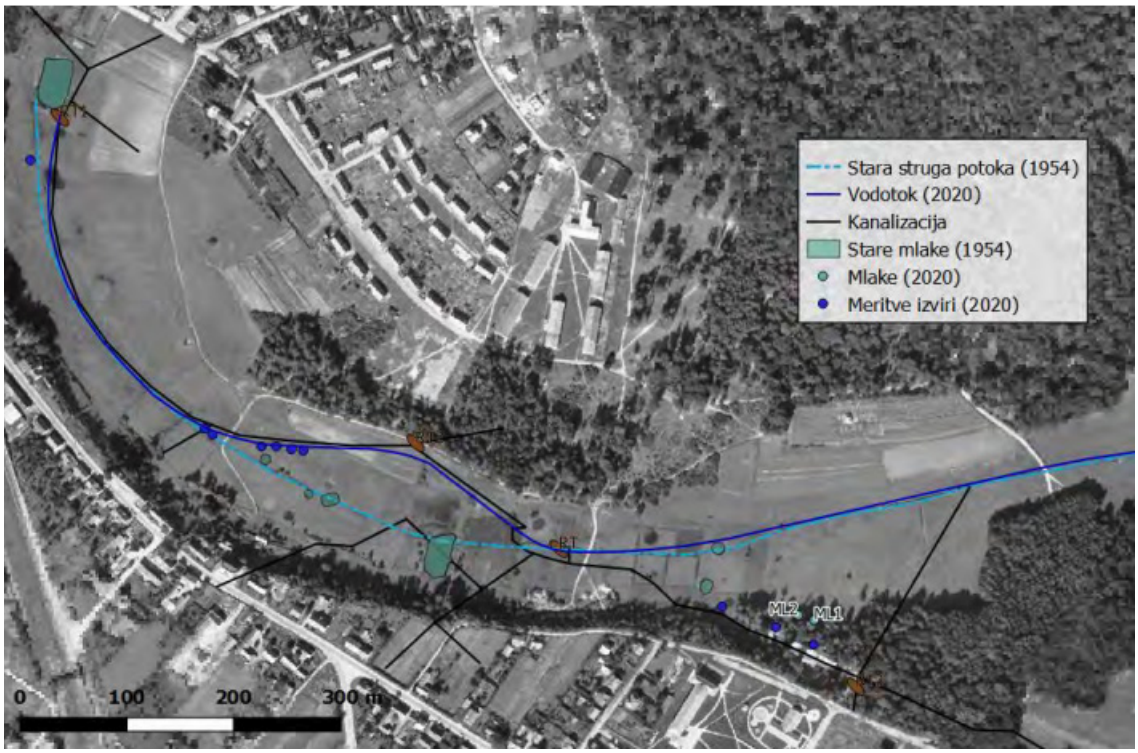
V skrajnem zahodnem delu Stražuna so številni izviri, ki se stekajo v Stražunski potok, ki je kanaliziran. Izvir Mrzlice, ki je najbolj vodnat, napaja tri mlake. Z vidika biotske pestrosti predstavljajo mlake pomembno naravno okolje in pomemben habitat dvoživk in mnogih vodnih žuželk.

Na območju mlak in izvirov v Stražunu so bili v bližnji preteklosti izvedeni posegi, ki so v nasprotju s predpisanim varstvenim režimom zavarovanega območja ter niso skladni z usmeritvami za ohranjanje ekosistemske naravne vrednote. Za potrebe zalivanja vrtičkov, ki se nahajajo na zahodnem delu območja Stražuna, so izvire ponekod zajezili oziroma preusmerili, tako je napajanje mlak in jarka spremenjeno.

Mestna občina Maribor želi Stražunski potok (kanal) revitalizirati oz. povrniti v prvotno stanje. Prav tako želi ohraniti mokrišča in mlake, ki so pomemben življenjski prostor dvoživk in vodnih ter obvodnih žuželk. Glede na navedeno je potrebna ureditev in zavarovanje izvirov s ciljem izboljšanja napajanja obstoječih mlak in Stražunskega potoka. Vodni izviri na območju Stražunskega gozda so za Mestno občino Maribor z vidika funkcionalnosti



Slika 6: Območje Stražunskega gozda (MOM projektna naloga za izdelavo IDZ in DPP projektne dokumentacije za projekt: Celovita ureditev odvodnjavanja komunalne odpadne vode na območju Stražuna).



Slika 7: Območje Stražunskega gozda v letu 1954 (Geološki zavod 2020)

mestnega območja izjemnega pomena, saj predstavljajo neposredni indikator stanja podzemne vode v mestu, oziroma v urbanem zaledju Stražunskega gozda.

Parkovni Stražunski gozd predstavlja pomemben del mesta Maribor s svojo rekreacijsko, ekološko-izravnalno in krajinsko-oblikovno funkcijo. Vzdrževanje količinskega in kakovostnega stanja izvirov je ključnega pomena pri težnji k revitalizaciji ekosistema Stražunskega gozda in njegove širše okolice. Izdatnost teh izvirov je razmeroma majhna, vendar pa je zelo pomembna za vzdrževanje raznovrstnosti ekosistema.(Geološki zavod 2020)

Vodnogospodarski biro Maribor je izdelal predlog ukrepov k celoviti revitalizaciji Stražunskega gozda, oziroma izvirov in potoka.

1. Najbolj pomemben in potreben ukrep je celovit pregled in ureditev obstoječega kanalizacijskega sistema. Med izvajanjem študije smo prišli do potrditve, da v Stražunski kanal pritekajo mešane odpadne komunalne vode stalno in ne samo v času prelivov obilnejših padavin. Tak pritok iz mešane kanalizacije je manj razredčen z vodo, kot bi bil v primeru večje količine meteorne vode, in zato predstavlja večjo obremenitev vodnega okolja na območju Stražunskega gozda. Smiselno bi bilo vzpostaviti potrebne ukrepe za boljše delovanje obstoječega mešanega sistema, da ne bi prihajalo do iztokov materialnih ostankov in vonjav fekalne kanalizacije v Stražunski jarek.
3. Naravni pretok izvirov 3, 4 in 5 zadostuje za vzdrževanje mlak kot posebnih izvirnih habitatov Stražunskega gozda. Ob koničnih sušah bi bile mlake vzdrževane kot močvirje, oziroma mokrišče.
6. Dejavnost vrtičkarstva je treba urediti zaradi problematičnosti z dveh vidikov. Prvi problem je, če se izvaja namakanje z uporabo vode iz izvirov, bo ob suši vode premalo. (Tudi samo za vrtičke je ne bi bilo dovolj.) Zaradi tega prihaja do preurejanja naravnih iztokov. Drug problem je »infrastruktura«, ki se razvija z vrtički, z različnimi objekti. Najbolj problematično pa je, če se voda uporablja tudi za druge namene razen za zalivanje, ker pri tem prihaja do nastajanja odpadne vode.
8. Revitalizacija Stražunskega jarka z ureditvijo naravne struge (brez utrjenega betonskega dna) bi bila smotrna šele, ko bo obstoječ kanalizacijski sistem ustrezno urejen in v Stražunski kanal ne bodo pritekale fekalne vode. V nasprotnem primeru bi prišlo do ponikanja precej onesnažene odpadna voda v tla, kar bi močno obremenilo kakovost podzemne vode v vodonosniku.
9. V zaledju se spodbudi ureditev odvodov odpadnih padavinskih vod, ki se danes ponekod odvajajo v nekdanje vodnjake. Pri tem je treba izvesti take spodbude, da ne bo prišlo do neželenih nasprotnih učinkov, to je, na primer, zasuvanja starih vodnjakov ali pa preusmerjanja odpadnih vod s ponikanjem skozi morebitna onesnažena zemljišča.



Slika 8: Območje obstoječih mlak, ki se napajajo z izviroma 4 in 5.

Mestna občina Maribor Mestna uprava Urad za komunalo, promet in prostor Sektor za komunalo in promet je naročil izdelavo IDZ in DPP projektne dokumentacije za projekt : „Celovita ureditev odvodnjavanja komunalne odpadne vode na območju Stražuna“. Projekt je v izdelavi.

Viri

Krajnc, U., Stergar, B. Odvodnja javnih cest v urbaniziranih naseljih, Referati = Proceedings. 12. slovenski kongres o cestah in prometu = 12th Slovenian Road and Transport Congress, Portorož, 22. - 23. april 2015. Ljubljana: Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, 2015. Str. 231. [COBISS.SI-ID 82530305

Stergar, B. Hitra cesta v Mariboru Načrtovanje, financiranje in izgradnja; Zbornik društva za ceste SV Slovenije ob 35 letnici

Predlog intervencijskih ukrepov ob Stražunskem kanalu za izboljšanje protipoplavne varnosti, Idejna zasnova. Projektant: Spika Brigita žiberna s.p., 2000 Maribor, junij 2009

Krajnc, U. Izgradnja mariborske kanalizacije po 2. svetovni vojni. V: RUDOLF, Jurij (ur.), et al. 65 let Društva gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor : [zbornik ob 65-letnici delovanja Društva gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor]. Maribor: Društvo gradbenih inženirjev in tehnikov, 2013. Str. 91-98, ilustr. [COBISS.SI-ID 74738177]

Krajnc, U.nPodnebne spremembe in poplavna ogroženost urbanih območij z lastnimi padavinskimi vodami = Climate change and urban pluvial flooding risk. Gradbeni vestnik : glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije. [Tiskana izd.]. maj 2019, letn. 68, str. 110-119,

KRAJNC, Uroš. Protipoplavna varnost mesta Maribor. Slovenski vodar. 2020, 30, str. 18-30, ilustr. ISSN 1318-6051. [COBISS.SI-ID 58296323]

Hidrogeologija stanja izvirov v Stražunskem gozdu in določitev njihovega napajalnega zaledja končno poročilo, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, november 2020.

Ureditev in zavarovanje izvirov v Stražunu Vodnogospodarski biro Maribor november 2021

Poročilo o stanju voda v Stražunskem gozdu Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Center za okolje in zdravje, Oddelek za okolje in zdravje Maribor Prvomajska 1, 03.10.2019

TESTIRANJE METOD ODSTRANJEVANJA INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST RASTLIN NA VODNIH IN PRIOBALNIH ZEMLJIŠČIH V OKVIRU PROJEKTA LIFE-IP NATURA.SI

dr. Mojca Hrovat, univ. dipl. biol.,
Direkcija Republike Slovenije za vode, Mariborska cesta 88, 3000 Celje

Ditka Čakš Copot, univ. dipl. inž. grad.,
Direkcija Republike Slovenije za vode, Mariborska cesta 88, 3000 Celje

Tim Mencigar, univ. dipl. inž. kmet.,
Direkcija Republike Slovenije za vode, Mariborska cesta 88, 3000 Celje

Iztok Kavčič, univ. dipl. inž. kraj. arh.,
Direkcija Republike Slovenije za vode, Mariborska cesta 88, 3000 Celje

dr. Nataša Smolar-Žvanut, univ. dipl. biol.,
Direkcija Republike Slovenije za vode, Mariborska cesta 88, 3000 Celje

Povzetek

V okviru projekta LIFE-IP NATURA.SI se je na projektnem območju »vode Štajerske«, na Natura območju Dravinjska dolina (SI5000005), izvedel revitalizacijski ukrep odstranjevanja tujerodnih invazivnih vrst rastlin, predvsem dresnika (*Fallopia* spp.), s testiranjem različnih metod omejevanja. Cilj ukrepa je zmanjšati prisotnost dresnika ter izboljšati habitat vodomca (*Alcedo atthis*) ob reki Dravinji. Ukrep je celostno zasnovan, saj vključuje sonaravno ureditev brežin in vzpostavitev avtohtone zarasti ter tako prispeva tudi k zmanjševanju poplavne ogroženosti in izboljšanju stanja voda. Testiranje metod je potekalo na izbranih petih lokacijah pri Draži vasi v obdobju od leta 2021 do 2024 s preizkušanjem štirih metod: omejevanje z vrbovimi popleti, prekrivanje s filcem in sidranje z vrbovimi piloti, intenzivno izčrpavanje s košnjo ter prekrivanje s kovinsko mrežo. Vsaka od metod je bila prilagojena značilnostim posamezne mikrolokacije in zasnovana na že poznanih dobrih praksah iz slovenskega in evropskega prostora. Ob koncu leta 2024 so bile metode ovrednotene, pri čemer se je izkazalo, da nobena od metod ni povsem izkoreninila dresnika, kljub doseženi znatni omejitvi in zmanjšanju prisotnosti dresnika na izbranih lokacijah ob Dravinji. Najbolj učinkovite so se izkazale metode z vzpostavitvijo avtohtone vegetacije, ki dolgoročno prispevajo k trajnostnemu zatiranju invazivnih vrst.

Uvod

Invazivne tujerodne vrste rastlin predstavljajo eno največjih groženj biotski raznovrstnosti, saj s svojo hitro rastjo, agresivnim razraščanjem in pomanjkanjem naravnih sovražnikov izpodrivajo avtohtone vrste ter spreminjajo značilnosti habitatov. Med najbolj problematičnimi invazivnimi rastlinami v Sloveniji je dresnik (*Fallopia spp.*), ki se intenzivno širi ob vodotokih. Z gostimi sestoji zmanjšuje habitatno pestrost, destabilizira brežine in s tem slabša stanje z vidika narave, stanja voda in poplavne ogroženosti.

Za obvladovanje dresnika je nujno poznavanje in uporaba učinkovitih metod odstranjevanja, ki so na vodotokih premalo poznane. Z namenom pridobitve znanj se je v okviru projekta **LIFE-IP NATURA.SI** (LIFE17 IPE/SI/000011) izvedlo testiranje različnih metod odstranjevanja dresnika. Glavni cilj ukrepa je bil zmanjšati prisotnost dresnika in izboljšati prehranjevalni habitat vodomca (*Alcedo atthis*) ob Dravinji z upoštevanjem ciljev s področja stanja voda in poplavne ogroženosti.

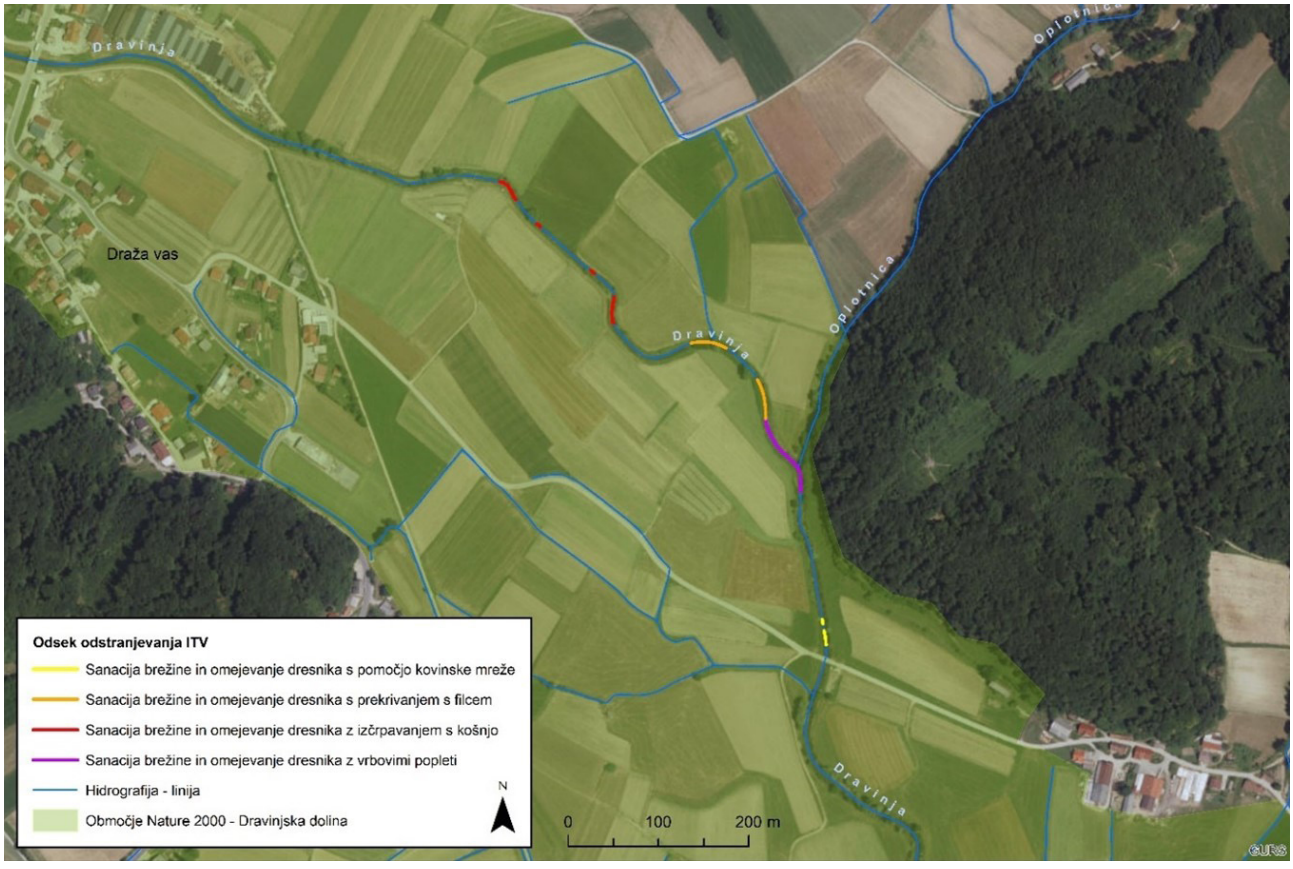
Testiranje metod je potekalo od leta 2021 do 2024 na petih pilotnih lokacijah ob reki Dravinji. Preizkušene so bile štiri metode odstranjevanja dresnika, ki so v slovenskem in evropskem prostoru že poznane, a so na vodnih in priobalnih zemljiščih redko uporabljene: omejevanje z vrbovimi popleti, prekrivanje s filcem ter sidranje z vrbovimi piloti, intenzivno izčrpavanje s košnjo ter prekrivanje s kovinsko mrežo. Vse metode so bile prilagojene značilnostim mikrolokacij, posebna pozornost pa je bila namenjena tudi pravilnemu ravnanju z odstranjenim rastlinskim materialom.

Predstavitev metod

V projektu LIFE-IP NATURA.SI so bile preizkušene štiri različne metode omejevanja dresnika ob reki Dravinji, predstavljene v nadaljevanju.

Vrbovi popleti

Metoda omejevanja z vrbovimi popleti zajema sonaravno ureditev in izravnavo brežin ter ustrezno polaganje vrbovih potaknjencev na predhodno pripravljeno brežino. Pred vzpostavitvijo metode je bilo potrebno odstraniti nadzemne dele dresnika in večji del korenin ter urediti naklon brežine. Vrbovi potaknjenci so bili položeni prečno na vodotok, pri čemer so čela potaknjencev segala za urejeno peto vodotoka, pod nivo vode v času srednjih vodostajev. Vrh vrbovih potaknjencev se je končal cca 20 cm pod vrhom brežine. Potaknjence se je fiksiralo z vrbovimi vejami, ki se jih je z



Slika 1: Lokacije in metode omejevanja dresnika ob Dravinji (DRSV, 2022)



Slika 2: Vzpostavitev vrbovih popletov (levo) (DRSV, 2021) in stanje po treh letih (desno) (DRSV, 2024)

jeklenicami pritrdilo ob vrbove pilote, vtisnjene v brežino. Na koncu se je potaknjence zasulo z zemljino. Zastavljeni cilj izbrane metode je bil dolgoročni odvzem prostora dresniku ter utrditev brežine s koreninskim sistemom vrb. Po vzpostavitvi so vrbe dobro (v 90 %) odgnale in skozi nadaljnje sezone postopoma zasedle predvideno površino. V letu 2024 je bila vrba visoka 4 – 6 m, dobro razraščena predvsem v začetnem in končnem delu območja, medtem ko manj v sredinskem delu. Dresnik je bil še prisoten predvsem na zgornjem delu brežine, ter v sredinskem delu, kjer je imel prostor.

Prekrivanje s filcem in sidranje z vrbovimi piloti

Na lokaciji prekrivanja dresnika s filcem in sidranja z vrbovimi piloti je bil predhodno prisoten močan sestoj dresnika, ki je destabiliziral brežino in povzročal erozijo. Po obnovi brežine in ureditvi naklona, se je le-ta prekrila z materiali iz poliesterskih in polopropilenskih vlaken (filcem). Filc je bil položen tik ob zemljini, brez zračnih žepov. Spodnji del filca se je ovil okoli železne rebraste palice, katera se je stabilizirala s sidri in kavlji. Brežina se je dodatno stabilizirala s kovinsko mrežo in svežimi vrbovimi piloti. Po vzpostavitvi metode je filc močno omejil prostor in svetlobo, ter tako skoraj v celoti preprečil ponovno rast dresnika. Vrbovi piloti so sčasoma odgnali (v 99 %) in vzpostavili naravni pas vegetacije. Dresnik se je na območju pojavljal predvsem na stikih filca in prebojih ob pilotih. Pojavljal se je tudi na stranskih in zgornjem robu filca, kjer se je nato redno odstranjeval. Ob zaključku testiranja je bila načrtovana še odstranitev vnesenih umetnih materialov v brežino. Izkazalo se je, da se je tekom let nad filcem ustvaril sloj rečnih nanosov, ponekod debeline tudi do 70 cm. V tem sloju so vrbovi piloti pognali korenine, zato je bila v partnerstvu projekta sprejeta odločitev, da se filc ne odstrani. V letu 2024 je vrba na tem območju dosegla višino 6-8 m (premer večji od 10 cm), območje pa je bilo v celoti gosto obraščeno. Dresnik je bil na tej lokaciji prisoten zgolj lokalno, kjer je prišlo do preboja filca.

Intenzivna košnja

Gre za metodo izčrpavanja dresnika z intenzivno košnjo, ki temelji na rednem in pogostem odstranjevanju nadzemnih delov dresnika (približno na 14 dni med rastno sezono), s čimer se rastlino postopoma izčrpa in oslabi njen koreninski sistem. Odstranitev se je izvajala s pomočjo kos ali gozdarskih srpov, čim bližje tlom. Dresnik je zgolj po eni polni sezoni intenzivne košnje vidno oslabel. V nadaljnjih letih je bil dresnik prisoten v vedno manjšem obsegu, (v letu 2024 zgolj na cca 10 % površine), poganjki so bili majhni, do višine cca



Slika 3: Metoda prekrivanja s filcem in sidranja z vrbovimi piloti ob vzpostavitvi (levo) (DRSV, 2021) in stanje po treh letih (desno) (DRSV, 2024).



Slika 4: Metoda intenzivne košnje ob vzpostavitvi (levo) (DRSV, 2021) in stanje po treh letih (desno) (DRSV, 2024)

30 cm (na območju brez odstranjevanja pa cca 1 m). Odstranjevanje se zato ni več izvajalo s košnjo, temveč s puljenjem, pri čimer se je odstranjevalo tudi del koreninskega sistema. Ob koncu leta 2024 dresnika na tej lokaciji ni bilo več zaznati. Z namenom dolgoročnega omejevanja in dodatnega odvzemanja prostora je bila metoda nadgrajena z zasaditvijo brežine z avtohtonimi vrstami dreves in grmov.

Prekrivanje s kovinsko mrežo

Zaradi neposredne bližine cestnega mostu je bila potrebna sanacija dveh izbranih lokacij, za kateri je bila izbrana metoda prekrivanja brežin s kovinsko mrežo, ki predstavlja fizično oviro rasti dresniku. Nadzemni deli dresnika so se odstranili, površina se je izravnala in pokrila s pocinkano kovinsko mrežo z majhnimi odprtinami (10 x 10 mm). Mreža, ki je bila enakomerno napeta in položena čim bolj ob brežini, se je v tla pritrdila s sponami, do globine 60 cm. Zaradi majhnih odprtin, bi naj mreža povzročala odmiranje dresnika v zgodnji fazi rasti. Ob začetku testiranja metode je mreža omejevala rast dresnika, stebla so bila ob stiku z mrežo močno stanjšana, poganjki so odmirali. Mreža je bila napeta, mestoma dvignjena od terena zaradi rasti dresnika pod njo. Zaradi omejevanja rasti se je dresnik ob visokih vodah lomil, voda pa ga je raznašala dolvodno, kar je povečevalo tveganje širjenja dolvodno. V nadaljnjih letih so nanosi reke ustvarili sloj nad mrežo in pripomogli k temu, da je dresnik začel razvijati korenine nad njo. Opaziti je bilo volumensko manj dresnika (manjše in tanjše rastline), ki se je prilagodil razmeram. Stebla so bila stanjšana na nivoju mreže, nad njo so intenzivno poganjale korenine, sestoji so bili nižji, vendar so intenzivno cveteli. Mreža tako ni bistveno ovirala rasti dresnika, saj je bil v letu 2024 na tej lokaciji še vedno prisoten v velikem obsegu.

Monitoring, vzdrževanje in nadgradnja metod

Učinkovitost preizkušanih metod odstranjevanja dresnika je bila v začetni fazi v veliki meri odvisna od rednega vzdrževanja in spremljanja stanja vzpostavljenih metod na izbranih lokacijah. Dresnik predstavlja eno najbolj invazivnih vrst rastlin v Sloveniji in drugod, zato zgolj enkratni poseg in vzpostavitev metode ne zagotavlja trajne omejitve le-tega. Izkazalo se je, da je z vidika zagotovitve učinkovitosti metode potrebno vzdrževanje metod skozi vsa leta izvajanja ukrepa, kar vključuje odstranjevanje še prisotnega dresnika na lokacijah metod, nadgradnjo določenih metod z dodatno zasaditvijo avtohtonih dreves in grmov ter vzdrževanje vzpostavljene obrežne zarasti.



Slika 5: Metoda prekrivanja s kovinsko mrežo ob vzpostavitvi (levo) (DRSV, 2021) in stanje po treh letih (desno) (DRSV, 2024)

Potreben obseg vzdrževanja se je z leti zmanjševal.

Pletje in odstranjevanje dresnika

Ne glede na izbrano metodo so se na vseh lokacijah po vzpostavitvi metod pojavljali poganjki dresnika v manjšem ali večjem obsegu glede na metodo. Novo rastli dresnik je bil odstranjen na različne načine, in sicer z ročnim odkosom (s srpi), s pletvijo, puljenjem ali izkopom korenik. Cilj odstranjevanja dresnika v času vzdrževanja je bil v največji možni meri zmanjšati prisotnost dresnika na izbranih lokacijah in preprečiti ponovno vzpostavitev večjih sestojev.

Zasaditve avtohtonih vrst dreves in grmov

Dodatna zasaditev obrežne zarasti se je tekom monitoringa in vzdrževanja izkazala kot smiseln in učinkovit ukrep z vidika dolgoročnega odvzema prostora invazivnim vrstam rastlin ter izjemnega pomena za stanje voda in vodni režim (senčenje in preprečevanje segrevanja vodotoka, stabilizacija brežine, zmanjševanje erozije, preprečevanje spiranja hranil in onesnaževal v vodotok ter zamuljevanja vodotokov, zadrževanje padavinske vode). Za dolgoročno omejevanje dresnika je namreč nujno, da se na praznih površinah vzpostavi obrežna zarast, saj ravno gole površine predstavljajo največji potencial za naselitev invazivnih vrst rastlin. Z namenom vzpostavitve vrstno pestre zarasti so bile dosajene različne vrste dreves in grmov, pri čemer je bil poudarek na izbiri avtohtonih, lokalno prisotnih vrst. Sadike so bile pridobljene iz preverjenih drevesnic s slovenskim poreklom (črna jelša, čremsa, rdeči in rumeni dren, glog, bezeg, trdoleska, brogovita). Večletno izvajanje in vzdrževanje metod je jasno pokazalo, da prav odvzem prostora invazivnim vrstam fizično preprečuje njihovo rast in širjenje.

Vzdrževanje vrbovja in drugih avtohtonih vrst obrežne zarasti

V času vzpostavitve metode omejevanja z vrbovimi popleti ter metode omejevanja s filcem in vrbovimi piloti posebnega vzdrževanja vrb ni bilo potrebno izvajati. Vrbovi piloti so v primerjavi z vrbovimi popleti zrasli za vsaj 2 m višje (v letu 2023 so bili visoki 3 m). Hkrati se je vrba na lokacijah vrbovega popleta in prekrivanja s filcem v letu 2023 v obliki potaknjencev že nadalje uporabila na območju metode intenzivne košnje. V letu 2024 se je tudi že izvedlo selektivno redčenje vrbovja, predvsem vej, ki so segale v pretočni profil. Tudi v prihodnje je smiselno, da se vrbe in ostala avtohtona obrežna vegetacija redči selektivno, z odstranitvijo predvsem visečih vej, ki segajo v pretočni profil. Dreves se ne odstranjuje, razen v nujnih primerih, ko se odstrani mlada drevesa (premera do 20 cm). Starejših dreves (razen v primeru bolezni) se ne odstranjuje. Kot dobra praksa se je izkazala predvsem možnost ponovne uporabe vrbe v obliki vrbovih potaknjencev, pri čemer se lahko na enostaven in stroškovno učinkovit način dopolni ali vzpostavi obrežno vegetacijo tam, kjer je ni.

Ravnanje z odstranjenim materialom

Pri odstranjevanju dresnika je bila posebna pozornost namenjena preprečevanju njegovega nadaljnjega širjenja tako po kopenski kot po vodni poti. Ker se rastlina lahko razmnožuje tudi iz delov stebel in korenin, je bilo ključno, da odstranjeni material ni prišel v stik z vodotokom, ter da se ni deponiral na brežinah. Vsa stebla so bila takoj po odstranitvi shranjena v velike vreče ali pokrite kontejnerje ter odpeljana na toplotno uničenje, najpogosteje z industrijskim kompostiranjem ali sežigom. V vreče so se shranjevale cele rastline in korenine, saj se je mletje materiala na lokaciji izkazalo kot neučinkovito, zamudno ter neprimerno z vidika potencialnega raznašanja rastlinskih delov.

Ugotovitve

Pri večletnem testiranju metod odstranjevanja dresnika se je izkazalo, da nobena izmed izbranih metod sama po sebi ne zagotovi popolne odstranitve rastline. Na vseh obravnavanih območjih je bil dresnik po izvedbi ukrepov manjši, redkejši in manj vitalen, z zamikom v fazi cvetenja. To potrjuje, da je mogoče z ustreznimi ukrepi bistveno omejiti invazivne vrste, čeprav je za trajnostne rezultate potrebno večletno delo. Najbolj učinkovite so se izkazale metode, ki vključujejo vzpostavitev obrežne zarasti.

Učinkovitost posameznih metod

Vsaka metoda je bila prilagojena značilnostim določene mikrolokacije in nosi svoje prednosti in omejitve:

- Metoda z vrbovimi popleti je dolgoročno cenovno ugodna in trajnostna, saj vrba s svojo bujno rastjo odvzame prostor dresniku in stabilizira brežino. Kljub zahtevni začetni izvedbi in potrebi po rednem pletju v prvih letih se je metoda izkazala kot zelo obetavna in primerna za nadaljnjo uporabo.

- Metoda s filcem in vrbovimi piloti je najdražja in tehnično najbolj zahtevna metoda, a tudi najučinkovitejša. Na tej lokaciji je bil dresnik že v zgodnji fazi skoraj popolnoma omejen. Slabost te metode je vnos umetnih materialov, ki jih kasneje ni mogoče odstraniti na ekonomičen način in brez poškodb vegetacije, kar odpira vprašanja trajnosti in primernosti za večje površine. Kljub temu je metoda primerna za nadaljnjo uporabo, predvsem na manjših lokacijah z namenom hitre omejitve. Možna je tudi prilagoditev metode z drugimi naravnejšimi materiali (biorazgradljivi oz. naravni materiali npr. kokosova vlakna), vendar je učinkovitost potrebno testirati.
- Intenzivna košnja se je izkazala kot uspešna metoda, vendar so bile po njeni izvedbi brežine gole, izpostavljene in posledično ranljive, zaradi česar je ob visokih vodah prišlo do erozije. Priporočljiva je nadgradnja metode z zasaditvijo avtohtone vegetacije. Po treh letih se je prisotnost dresnika zmanjšala za več kot 90 %, kar potrjuje učinkovitost kombiniranega pristopa. Metoda je primerna za nadaljnjo uporabo. V praksi je bil ta način najcenejši glede opreme, a zelo delovno intenziven, kar posledično dvigne stroške metode: zahteval je skrbno košnjo ob tleh, takojšnjo shranjevanje odpadkov in njihov prevoz na toplotno obdelavo, da ne bi prišlo do nadaljnjega širjenja. Glavna omejitev pri tem načinu odstranjevanja ostaja potreba po pogostih ponovitvah in posledično po kontinuirani delovni sili, kar predstavlja strošek ter natančno ravnanje z odstranjenim materialom.
- Prekrivanje s kovinsko mrežo se je izkazalo za najmanj učinkovito, saj se je dresnik prilagajal na različne načine. Slabost metode je neučinkovitost zaradi vodnih nanosov in ponovnega ukoreninjenja dresnika nad mrežo ter potencialnega širjenja dresnika dolvodno ob odnašanju odlomljenih stebel. Metoda za vodna in priobalna zemljišča ni priporočljiva. Metoda je relativno draga in potrebno je skrbeti za odmrle poganjke, da ne pride do širjenja dresnika dolvodno.

Zaključek

Testiranje metod odstranjevanja dresnika v sklopu projekta LIFE-IP NATURA.SI je prineslo dragocene izkušnje in pomembna spoznanja za prihodnje delo na področju ohranjanja narave in upravljanja vodotokov. Na podlagi večletnega testiranja se je izkazalo, da je potreben sistematičen in celovit pristop k problematiki invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst. Učinkovito odstranjevanje invazivnih rastlin v naravnem okolju je možno le z uporabo kombinacije metod, prilagojenim vzdrževanjem, stalnim spremljanjem stanja in ob upoštevanju tako ekoloških kot ekonomskih vidikov izvedbe.

Rezultati so pokazali, da nobena izmed metod sama po sebi ne omogoča popolne odstranitve dresnika, vendar so bile vse metode v določeni meri uspešne pri omejevanju njegove razširjenosti in vitalnosti ter kot take primerne za nadaljnjo uporabo. Učinkovito omejevanje invazivnih vrst ob vodotokih zahteva sistematičen pristop, predvsem s kombinacijo mehanskih in ekoloških ukrepov, prilagojenih značilnostim posamezne lokacije, nadaljnjim prilagajanjem ali nadgradnjo ukrepov glede na vmesne dosežene rezultate ter dolgoročnim spremljanjem stanja.

Najbolj učinkovite so se izkazale metode, ki so vključevale vzpostavitev obrežne zarasti, zlasti metodi z vrbovimi popleti in piloti. Obrežna zarast ne le fizično omejuje prostor invazivnim vrstam, temveč prinaša številne dodatne pozitivne učinke: izboljšanje stabilnosti brežin, omejitev erozijskih procesov, ohranjanje pretočnosti, izboljšanje kakovosti vode, blaženje vplivov suš ter ustvarjanje habitatov za različne vodne in obvodne organizme.

S testiranjem metod se je izkazalo, da so metode, ki temeljijo na mehanskem odstranjevanju, kot je intenzivno izčrpavanje s košnjo sicer uspešne, vendar je za dolgoročno učinkovitost potrebno vzpostaviti obrežno vegetacijo zaradi potencialnega ponovnega pojava invazivnih vrst rastlin. Metoda prekrivanja s kovinsko mrežo se je izkazala za delno učinkovito le na infrastrukturno občutljivih območjih, vendar dolgoročno ni preprečila prilagoditve dresnika.

Kot ključno se je izkazalo tudi pravilno ravnanje z odstranjenim materialom, saj bi nenadzorovano odlaganje lahko povzročilo širjenje rastline na nova območja.

V prihodnje je ključno nadaljevanje dolgoročnega monitoringa stanja in po potrebi pravočasno izvajanje dodatnih ukrepov, saj izkušnje kažejo, da ima dresnik sposobnost ponovne rasti, še posebej na erodiranih ali poškodovanih območjih. Prav tako je nujno načrtovanje ukrepov za vzpostavitev pasov obrežne zarasti tam, kjer ta manjka, ter celostno obravnavanje ekološkega in hidrološkega stanja vodotokov.

Viri

Hrovat M., Čakš Copot D., Goljevšček A., Kodre N., Kavčič I., Smolar-Žvanut N., Mazi T., 2022. Akcijski načrt za konkretne ukrepe za izboljšanje stanja ohranjenosti ciljnih Natura 2000 vrst in habitatov na pilotnih območjih Dravinja s pritoki (SI3000306), Dravinjska dolina (SI5000005) in Ličenca pri Poljčanah (SI3000214) ter Volčeke (SI3000213). Dostopno na: https://natura2000.gov.si/fileadmin/user_

upload/Dokumenti/LIFE_IP_NATURA_SI/Rezultati/A.1.3_Akcijski_nacrt_vode_Dravinja_Dravinjska_dolina_Licenca_DRSV_v2_2023.pdf [dostop 3.10.2025]

Hrovat M., Čakš Copot D., Dimec P., ., Kavčič I., Smolar-Žvanut N., Mazi T, 2025. Poročilo o izvajanju konkretnih ohranitvenih ukrepov na pilotnem območju vode Štajerske – testiranje metod odstranjevanja ITV. Dostopno na: https://natura2000.gov.si/natura-2000/life-ip-natura-si/rezultati/#f21 [dostop 3.10.2025]

Hrovat M., Čakš Copot D., Hrovat M., Smolar-Žvanut N., Mazi T, Kavčič I., 2023. Testiranje metod odstranjevanja invazivnih tujerodnih vrst rastlin na vodnih in priobalnih zemljiščih v okviru projekta LIFE-IP NATURA.SI, 3. Slovenski kongres o vodah 2023.

KORAK K INTERDISCIPLINARNEMU IN VKLJUČUJOČEMU UPRAVLJANJU Z VODAMI

Eva Petelin, mag. ekol. biod.,
eva.petelin@ozivimo.si, Inštitut REVIVO, Grobelno 24, 3231 Grobelno

Damjan Habe, univ. dipl. soc. ped,
damjan.habe@ozivimo.si, Inštitut REVIVO, Grobelno 24, 3231 Grobelno

dr. Polona Pengal, univ. dipl. biol.,
polona.pengal@ozivimo.si, Inštitut REVIVO, Grobelno 24, 3231 Grobelno

Dobro ekološko stanje vseh površinskih voda je končni cilj vodne direktive (Direktiva 2000/60/ES). Zaradi kompleksnosti in potrebnega strokovnega znanja za njeno implementacijo pa to komponento varovanja voda in okolja pogosto spregledamo. Referendum o vodi je jasno pokazal (Uradni list RS št. 143, 2021), da si večina prebivalcev Slovenije želi čisto pitno vodo, dostop do rek in jezer v dobrem stanju ter možnosti za njihovo rekreativno uporabo – danes in v prihodnosti, brez (nepotrebnih) infrastrukturnih posegov. V prispevku se osredotočamo na beleženje hidromorfoloških pritiskov, ki vplivajo na vzdolžno in bočno povezljivost voda s pomočjo aplikacije RekoSled ter vzpostavitve strokovne interdisciplinarne delovne skupine. Skupina bo v naslednjih mesecih vzpostavljena z namenom, da glede na posege, dela in potrebe širokega pristopa z razumevanjem vodotokov, podrobneje, neodvisno in celovito preuči probleme s področja upravljanja z vodami, ki zadevajo tako strateško načrtovanje kot tarčno reševanje manjših izzivov.

RekoSled - inventarizacija v širokem spektru

V letu 2021 je 37 % površinskih voda v Evropski Uniji doseglo dobro ali zelo dobro ekološko stanje (49 % v Sloveniji), od tega 29 % (98,7 % v Sloveniji) dobro kemijsko stanje (EEA, 2024). Podatek je vreden razmisleka, saj kakovost površinskih voda in funkcionalnost okoliških poplavnih ravnic, preko pronicanja v podzemlje skozi sedimente in kamnine, vpliva na našo pitno vodo, naravo, biodiverziteto. V Sloveniji pridobimo 90 – 95 % pitne vode izključno iz podzemnih voda (Brenčič, 2015). Preprečevanje onesnaženja iz kmetijskih površin, komunalnih voda, industrije, mest, kot tudi povečevanja možnosti naravnega bogatenja s hranili (cvetenje in gnitje alg) pa je naloga države, družbe in posameznikov. Iz tega vidika bi naj bilo v interesu vseh treh akterjev, da se ohranjajo samočistilni rečni procesi, obrečna vegetacija ter naravne brežine. Reke bi tako dobile dovolj prostora, da nemoteno potekajo vsi procesi, hkrati pa bi bile povezane z okoliškimi ekosistemi, kar bi pozitiv-

no vplivalo na kakovost površinskih in podzemnih voda, kot tudi biodiverziteto in poplavno varnost. Kot je razvidno iz poročila Evropske okoljske agencije (European Environment Agency – EEA, 2024) pa se teorija v praksi vedno ne izvaja in pritiski na vodne vire ostajajo nespremenjeni.

Kot rezultat evropskega projekta AMBER je EEA prosto tekoče reke prepoznala kot ključen in relativno enostavno dosegljiv cilj, ki ga lahko države članice dosežejo do leta 2030 v okviru Strategije EU za biotsko raznovrstnost za leto 2030, Zelenega dogovora in nedavno sprejete Uredbe o obnovi narave. Prosto tekoče reke omogočajo prost pretok vode, hranil in sedimentov ter gibanje organizmov, kar neposredno izboljšuje ekološko stanje voda.

Na Inštitutu REVIVO smo v preteklosti že pripravili pregled ovir, ki vplivajo na vzdolžno povezljivost (jezov, pragov, pregrad, zapornic, drč in muld), pri čemer smo uporabili in primerjali med seboj uradne podatke in podatke zbrane ob pomoči prostovoljcev. Ugotovili smo, da se podatki med seboj ne skladajo in da so uradni prosto dostopni podatki pomanjkljivi (Horvat s sod., 2023; Pengal s sod., 2021).

Da bi preverili stanje tudi na področju bočne povezljivosti, smo razvili novo mobilno aplikacijo RekoSled, s katero popisujemo tako vzdolžno kot bočno povezljivost rek. Aplikacija je brezplačna, prosto dostopna in enostavna za uporabo, potrebno je le osnovno poznavanje ovir. Zbrani podatki prostovoljcev so nato pregledani in objavljeni na interaktivnem Atlasu rek, kjer so javno dostopni vsem uporabnikom (www.ozivimo.si/rekosled-atlas/). Zaradi številnih zaskrbljenih civilnih iniciativ in posameznikov smo pripravili tudi Vodnik za pripravo celovite prijave na inšpekcijo, ki bo posamezniku, ki bo na terenu zaznal nepravilnosti, ki zahtevajo inšpekcijski nadzor, pomagal pri pripravi celovite prijave. Na ta način bomo zagotovili, da bodo prijave premišljene, utemeljene in vsebinsko popolne, kar bo pospešilo postopke ter prispevalo k učinkovitejšemu varovanju naših voda.

Delovna skupina za področje celinskih voda

Ena od prioritetnih nalog Strategije za biotsko raznovrstnost do leta 2030 je okvir, ki bo okrepil sodelovanje deležnikov ter pregledno in participativno upravljanje. Strategija je skupaj s Skupno kmetijsko politiko zasnovana tako, da vzajemno krepita in združujeta naravo, kmete, podjetja in potrošnike. V tem sodelovanju pa je načrtovano sodelovanje in mobiliziranje zasebnih in javnih sredstev, vključevanje podjetji, ter aktiviranje izobraževanja, znanja in spretnosti za zaščito in obnovo biotske raznovrstnosti (EUR-Lex, 2025).

S tem namenom ustanavljamo »Delovno skupino za področje celinskih voda« (DSCPV; *ang. Freshwater Task Force*), ki je interdisciplinarno strokovno telo, katerega namen bo proučevati, ocenjevati, pripravljati in usmerjati strokovne podlage in odločitve pri upravljanju voda. Ključna podlaga delovanja je vključevanje različnih deležnikov v soodločanje na področju vodne politike in strokovnih mnenj. Cilj skupine je neodvisno in strokovno delo pri iskanju rešitev za posege v vodna telesa, ki bodo razbremenjena finančnih, političnih in gospodarskih pritiskov na urejanje vodnih virov.

Podobno skupino je z namenom zagotavljanja neodvisnosti in interdisciplinarnega pristopa k reševanju problematike ribištva ustanovila Evropska komisija. Ta si je s strokovnim telesom STECF (*Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries*; EU Commission, 2025) zagotovila zbir neodvisnih, visoko usposobljenih in priznanih strokovnjakov, ki oblikujejo mnenja o specifičnih vprašanjih s tega področja. Ključno neodvisnost in objektivnost dela zagotavljata način imenovanja strokovnjakov ter strog pravilnik pridobivanja mnenj. Tako oblikovano neodvisno in strokovno mnenje, ki vključuje različne relevantne stroke, predstavlja temelj za odločitve Evropske komisije.

Z željo po neodvisnem delu in interdisciplinarnosti gradimo DSCPV. Že v fazi načrtovanja skupine smo izhajali iz mnenj strokovnjakov s področij politike, civilne družbe, lokalnih skupnosti, stroke in gospodarstva, skladno s konceptom četverne vijačnice (quadruple helix). V procesu ustanavljanja smo izvedli intervjuje, ki so predstavljali temelj za oblikovanje vsebinskih in procesnih izhodišč skupine. S pomočjo bilateralnih sodelovanj smo dodatno proučili možnosti in izzive upravnega delovanja na konkretni, lokalni ravni.

Do sedaj smo v procesu sestavljanja DSCPV izvedli tri interdisciplinarne posvetovalne delavnice, ki so vključevale predstavnike vseh omenjenih strokovnih in delovnih področij. Z aktivno participacijo udeležencev, ki so prispevali svoje znanje in izkušnje, smo oblikovali osnovni koncept ter upravno strukturo skupine. DSCPV ima opredeljene vsebinske pristojnosti, področja delovanja, bazene strokovnih kompetenc in nabor ekspertov, ki bodo lahko pripravljali kompetentne rešitve in mnenja za konkretne okoljske izzive na področju upravljanja z vodami.

Sam princip odločanja skupine temelji na iskanju najvišje koristi, s poudarkom na celostni obravna-

vi in upoštevanju trajnostnih ter vzdržnostnih načel varovanja narave. Cilji skupine izhajajo tudi iz Strategije biotske raznovrstnosti in sicer:

- Opredeliti in vzpostaviti nov okvir upravljanja biotske raznovrstnosti, ki vključuje jasne obveznosti izvajanja in opredeljene mejnike, da se zagotovi odgovornost in soodgovornost vseh akterjev pri izpolnjevanju zavez do varovanja narave ter zaščite ljudi in narave.
- Nadgraditi pristop celotne družbe k zaščiti biotske raznovrstnosti z vključitvijo vseh adekvatnih področji pri odločanju in upravljanju vodnih ekosistemov.
- Upoštevati in pospešiti izvajanje ter izvrševanje okoljske zakonodaje EU.
- Vključevati vse relevantne stroke in področjih soupravljanja, s poudarkom na oblikovanju konkretnih rešitev in operativnih odločitev, ki prispevajo k izboljšanju stanja naravnih danosti v vodnih ekosistemih.

Delovanje DSCPV v procesu razvoja še čaka integracija v obstoječi sistemski okvir države, skupnosti in strokovnih institucij. Ta zaključni del procesa je načrtovan v sodelovanju z ustreznimi strokovnimi, upravnimi in političnimi mehanizmi, ki so trenutno na razpolago, s poudarkom na izpolnjevanju zavez iz aktualne državne zakonodaje, zakonodaje EU ter relevantnih direktiv. Proces temelji na sodelovanju in strokovni angažiranosti različnih akterjev tako na odločevalskih kot na strokovnih pozicijah.

Vse aktivnosti izvajamo v okviru projekta RIWET. Več o projektu najdete tukaj: www.interregeurope.eu/riwet. Projekt je sofinanciran s strani Evropskega sklada za regionalni razvoj in Inštituta REVIVO.

Viri

Brenčič M., 2015. Podzemna voda. Proteus 77/6.

Pengal P., Horvat E., Gričnik M., Martin E., 2021. Fragmentacija in obnova rek v Sloveniji. MDV.

Horvat E., Kričej A., Habe D., Pengal P., 2023. Popis rečnih ovir na porečju Reke. MDV.

EEA, 2024. Europe's state of water 2024: the need for improved water resilience. doi: 10.2800/02236

Uradni list RS št. 143, 2021. Ljubljana

EUR-Lex, 2025, Strategija EU za biotsko raznovrstnost za leto 2030

APLIKACIJA MODELA VODNE BILANCE CWATM NA PILOTNEM OBMOČJU ZGORNJE SAVE

Matej Horvat, mag. geografije, Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana

Veronika Strmšek, mag. geografije,
Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana

Dejan Šram, univ. dipl. inž. geologije,
Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana

dr. Mišo Andjelov, univ. dipl. inž. geologije,
Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana

dr. Peter Frantar, univ. dipl. geograf,
Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana

mag. Daria Čupić, dipl. inž. geologije,
Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, Hrvaška

Hrvoje Herceg, mag. inž. geologije.,
Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb, Hrvaška

Povzetek

V sklopu projekta »Razvoj usklajenega modelskega sistema vodne bilance za porečje Donave« se za celotno porečje Donave vzpostavlja vodno bilančni model (Community Water Model - CWatM), namenjen enotni oceni vodne bilance v čezmejnih porečjih, saj so izračuni vodne bilance praviloma omejeni na državne teritorije, niso pa usklajeno izdelani za meddržavna območja. Eno od pilotnih območij vzpostavitve modela je porečje Zgornje Save, kjer vhodne podatke zagotavljata Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) in Hrvatske vode. Za pravilno delovanje modela so ključni natančno določena rečna mreža in kalibracija na podlagi merjenih hidroloških podatkov. Primerjava simuliranih in izmerjenih vrednosti omogoča preverjanje zanesljivosti modela. Preliminarni rezultati kažejo dobro skladnost simuliranih vrednosti s hidrološkimi in meteorološkimi značilnostmi območja, kar potrjuje ustreznost uporabljenega pristopa ter kakovost vhodnih podatkov.

Uvod

Vodna bilanca je analiza komponent vodnega kroga in je osnova za trajnostno upravljanje z vodnimi viri. Bilanca prikazuje razpoložljive količine vode na določenem območju. Pilotno območje Zgornje

Save je prvi primer skupne vodne bilance na meddržavnem območju Slovenije in Hrvaške. Pilot je del sklopa v širšem projektu vodne bilance Donave, v projektu »Razvoj usklajenega modelskega sistema vodne bilance za porečje Donave« (Danube Water Balance – DWB), ki traja od 1. 1. 2024 do 30. 6. 2026.

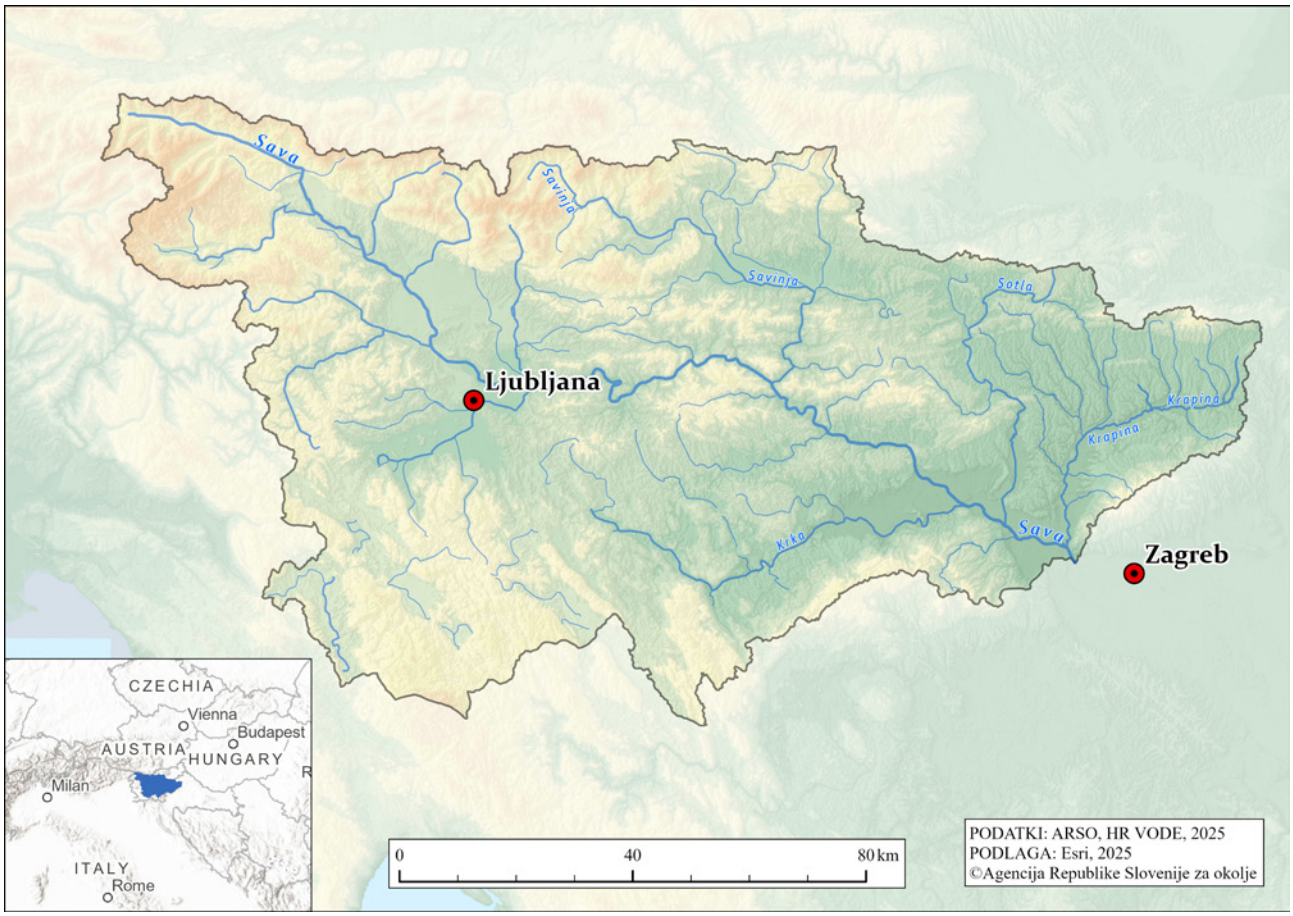
Na Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO) v tem projektu sodelujemo kot partner, v katerem razvijamo vodno bilančni model CWatM za celotno porečje Donave in za izbrana pilotna območja (Sava, Tisa, Morava in Drina). Vzpostavitev modela za celotno porečje Donave bo omogočila enoten vodno bilančni izračun komponent odtoka za celotno območje.

Predstavitev pilotnega območja

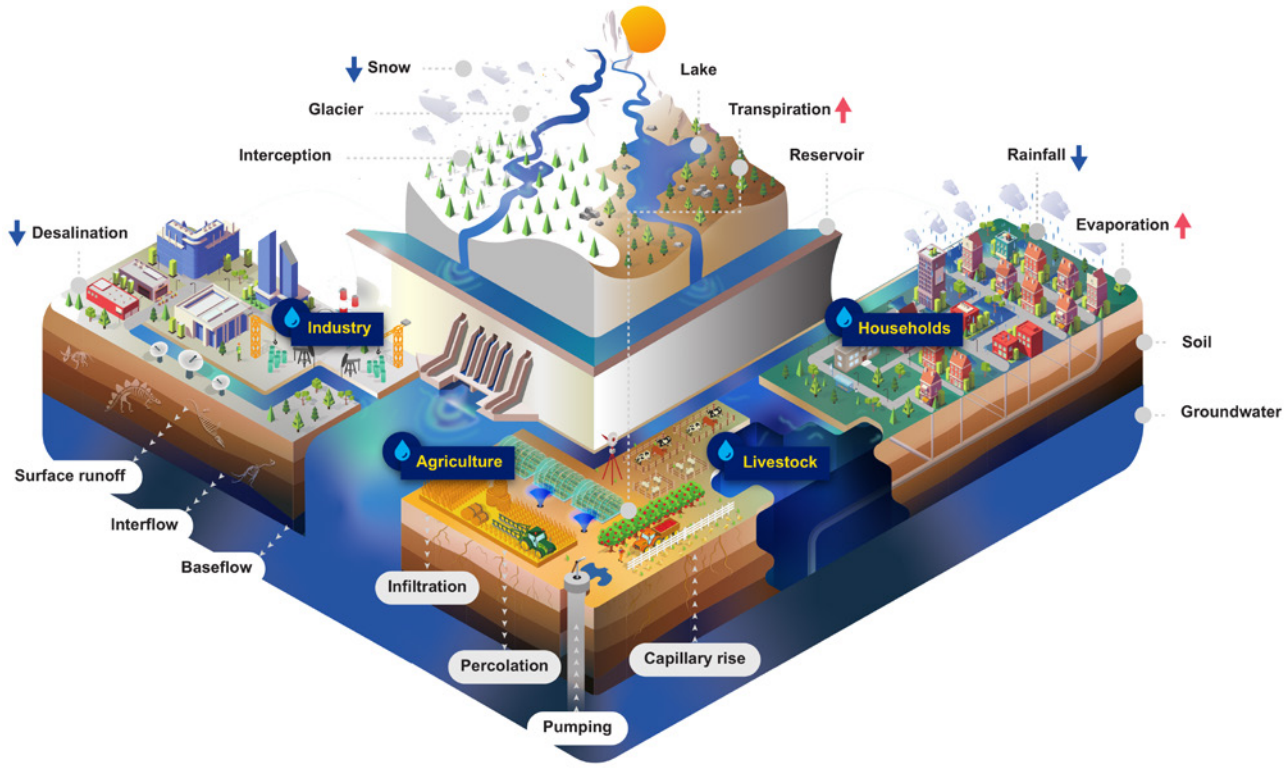
Povodje Donave prekriva kar 81 % ozemlja Slovenije (16.423 km^2) *(SURS, 2013)*. Sava je glede na pretok največji pritok reke Donave. Dolžina njenega toka je preko 900 km ter prečka več držav, med njimi Slovenijo, Hrvaško, Bosno in Hercegovino ter Srbijo. V Beogradu se Sava izliva v Donavo, ki je druga najdaljša reka v Evropi. Pilotno območje Zgornje Save obsega večino porečja Save v Sloveniji in sega do Zagreba na Hrvaškem. Pilotno območje meri 12.328 km^2, kar predstavlja 1,5 % površine celotnega porečja Donave (Slika 1). Na severozahodu pilotnega območja prevladuje gorski relief, pomemben del pa predstavlja tudi kraški svet s podzemnim pretakanjem vode. Podnebje je zmerno toplo in v povprečju prejme 1200 – 1600 mm padavin letno *(Natek in Natek, 2008)*.

Model CWatM

Vodno bilančni model Community Water Model – CwatM (Slika 2), ki so ga razvili na International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), je hidrološki model, namenjen simulaciji vodnega kroga na globalni in regionalni ravni. Odprtokodni model temelji na programskem jeziku Python in pridruženih knjižnicah. CWatM vključuje in simulira tako naravne procese (površinske in podzemne vode) kot tudi rabo vode. Pri zagonu uporablja prostorske podatke, shranjene v formatu NetCDF. Model deluje v dnevni časovni ločljivosti, medtem ko je prostorska ločljivost prilagodljiva *(Burek in sod., 2020)*. Modularna zasnova modela omogoča njegovo uporabo ter povezovanje z drugimi modeli in podsistemi (npr. Modflow za podrobnejše modeliranje toka podzemne vode).



Slika 1: Pilotno območje Zgornje Save.

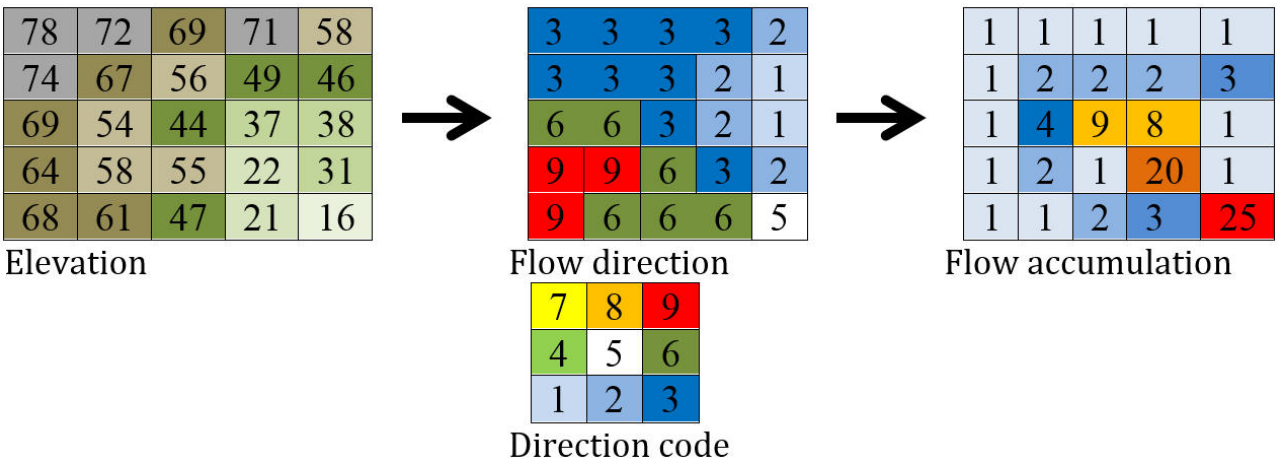


Slika 2: Shema modela CWatM (vir: Burek in sod., 2020).

Ena izmed glavnih komponent v modelu je rečna mreža oziroma smer toka. Ta povezuje mrežne celice in omogoča modeliranje količine vode v smeri toka, s čimer se oblikuje rečno omrežje od izvira do izliva. Pristop za določanje smeri toka v posamezni celici je teoretično precej preprost: obstaja osem možnih izhodnih smeri, ki ustrezajo osmim sosednjim celicam, v katere se lahko preteka voda. Ta metoda je splošno znana kot osem-smerni (D8) model toka. Smer toka za vsako celico se določi glede na njenega najstrmejšega soseda v smeri navzdol (Slika 3) *(IIASA, 2021).*

Priprava podatkov in kalibracija

Na pilotnem območju se prepletajo različne hidrološke značilnosti. Velik del območja je kraškega značaja, kar pomeni, da prevladuje podzemno pretakanje vode. Posledica tega je slabo razvita rečna mreža na površini. Ker model CWatM za pravilno delovanje potrebuje rečno mrežo v vsaki celici, smo na območjih, kjer ni razvita površinska rečna mreža, umetno generirali rečno mrežo (Slika 4). Narejeni so bili popravki in ustrezne povezave med ponori, požiralniki ter ponikvami z izviri. S tem smo zagotovili realnejšo prostorsko povezavo vodnih tokov. Povezave podzemnega pretakanja smo vzpostavili na podlagi rezultatov preteklih sledenj.



Slika 3: Metoda določanja smeri toka (vir: IIASA, 2021)

Z uporabo predkalibracijskih orodij smo za vsako merilno mesto določili pripadajoče zaledje, ki je predstavljalo osnovo za nadaljnje hidrološko modeliranje.

Za pravilno delovanje modela smo pred prvim zagonom modela izvedli kalibracijo. Model smo umerjali na pretoke na izbranih vodomernih postajah. Vključili smo 29 merilnih mest (26 na območju Slovenije in 3 na območju Hrvaške) s podatki za 33-letno obdobje (1. 1. 1990 - 31. 12. 2022). Največ merilnih mest in sicer 10, je bilo lociranih na reki Savi, ki predstavlja glavni odtočni vodotok z območja. Vodotoki z več vodomernimi postajami so bili še Krka, Savinja in Sotla, medtem ko je bila na vodotokih z manjšim zaledjem uporabljena ena reprezentativna postaja.

Posebnost predstavlja kraška Ljubljanica, kjer zaradi izrazitega podzemnega pretakanja vode ni bilo smiselno uporabiti več postaj, zato je bila vključena le njena zadnja vodomerna postaja - Moste I, le ta je bila tudi tista z največjim zaledjem brez nadrejene vodomerne postaje v zgornjem toku na celotnem pilotnem območju.

Potek kalibracije

Kalibracija modela je potekala v programskem jeziku Python z uporabo knjižnice DEAP. Izvedena je bila hierarhično in prostorsko smiselno – od najmanjšega proti največjemu zaledju posameznega merilnega mesta vzdolž toka. To pomeni, da je bilo pri vsakem dolvodnem merilnem mestu upoštevano, da pretoki iz gorvodnih mest predstavljajo vtok v njegovo zaledje.

Kalibracija na merilnem mestu se začne z začetno velikostjo populacije, ki je bila v našem primeru 256. Najboljši rezultati se nato rekombinirajo in uporabijo pri zagonu nove generacije. Izvedli smo 15 generacij, pri čemer je znotraj vsake generacije potekalo 16 zagonov. Končni rezultat so vrednosti najboljših modelski parametrov (faktor koncentracije odtoka, koeficient taljenja snežne odeje ...), ki omogočajo ustrezno nastavitev modela glede na opazovane podatke.

Reka	Vodomerna postaja	Velikost območja (km^2)	KGE kalibracije	KGE validacije
Sava Dolinka	Jesenice	259	0.76	0.85
Radovna	Podhom	167	0.75	0.67
Sava Bohinjka	Bodešče	364	0.92	0.84
Sava Dolinka	Blejski most	509	0.79	0.77
Tržiška Bistrica	Preska	122	0.77	0.61
Sava	Okroglo	1199	0.91	0.86
Selska Sora	Vešter	214	0.87	0.81
Poljanska Sora	Zminec	307	0.87	0.85
Sava	Šentjakob	2285	0.93	0.91
Ljubljanica	Moste I	1778	0.90	0.84
Kamniška Bistrica	Vir	209	0.76	0.79
Raca	Podrečje	164	0.82	0.84
Sava	Litija I	4850	0.94	0.92
Sava	Hrastnik	5205	0.95	0.93
Savinja	Nazarje	457	0.83	0.80
Paka	Rečica	207	0.75	0.59
Savinja	Celje II-brv	1602	0.85	0.81
Savinja	Laško I	1668	0.86	0.86
Savinja	Veliko Širje I	1847	0.86	0.85
Mirna	Jelovec	271	0.79	0.76
Krka	Podbukovje I	394	0.77	0.76
Krka	Podbočje	2253	0.85	0.85
Sava	Čatez I	10232	0.93	0.91
Mestinjščica	Sodna vas II	133	0.80	0.76
Sotla	Rakovec	561	0.87	0.84
Sava	Jesenice na Dolenjskem	10928	0.94	0.90
Sotla	Zelenjak	462	0.87	0.85
Krapina	Braćak	478	0.83	0.73
Sava	Podsused žićara	12324	0.94	0.91

Tabela 1: Rezultati kalibracije

Rezultati kalibracije in validacije

Po zaključeni kalibraciji smo za vsako merilno mesto pripravili grafični prikaz rezultatov in izračunali statistični kazalnik KGE (Kling–Gupta efficiency), ki prikazuje ujemanje med izmerjenimi vrednostmi in simuliranimi vrednostmi modela. Vrednosti KGE se gibljejo med -1 in 1; višja vrednost pomeni boljše ujemanje. Za vsako zaledje smo s postkalibracijskimi orodji pripravili tudi rastrske karte, ki bodo uporabljene pri standardnih (umerjenih) zagonih modela.

Kalibracija je bila za večino postaj izvedena za obdobje od 1. 1. 2015 do 31. 12. 2022. Umerjanje z najnovejšimi razpoložljivimi podatki nam omogoča boljšo zanesljivost napovedi v prihodnosti ob zagonu modela CWatM (Tabela 1). Validacija po opravljeni kalibraciji, za izračun KGE, je bila pri večini postaj izvedena za obdobje od 1. 1. 2007 do 31. 12. 2014.

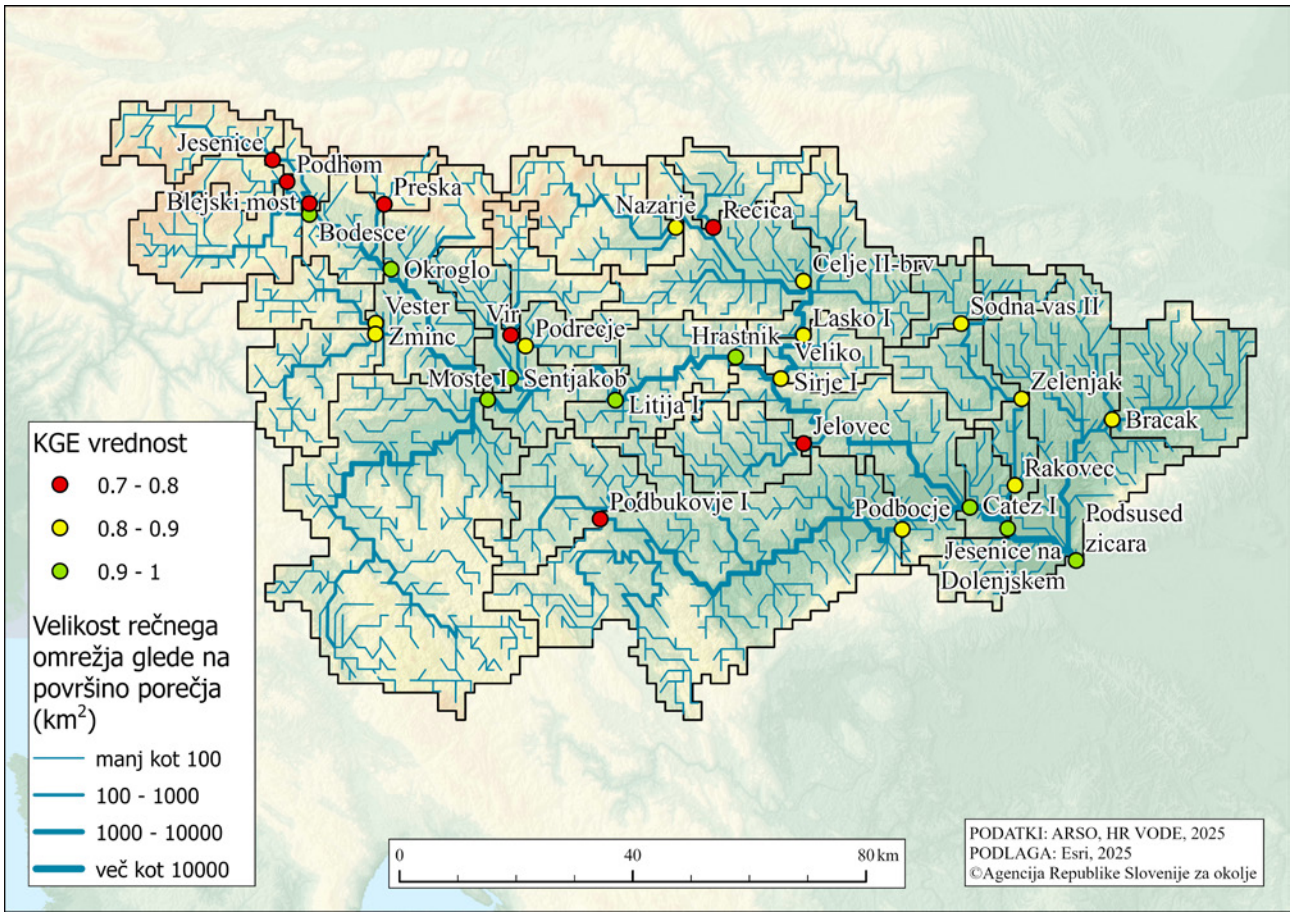
Najnižjo vrednost KGE v kalibracijskem obdobju smo dobili na dveh postajah in sicer na postaji Podhom na vodotoku Radovna, z zaledjem velikosti 167 km^2, druga pa Rečica na vodotoku Paka, z zaledjem velikosti 207 km^2. Najvišjo vrednost KGE, 0,95, je imela postaja Hrastnik na reki Savi, katere zaledje meri 5.205 km^2. Rečica je imela najnižjo vrednost KGE, 0.59, tudi v validacijskem obdobju, medtem ko je imela postaja Hrastnik najvišjo, 0.93 (Tabela 1).

Delež postaj v kalibracijskem obdobju s KGE vrednostjo nad 0,8 je znašal 72 %, medtem ko v validacijskem 66 %. Kar postaj je imela v kalibracijskem obdobju vrednost nad 0,9, v validacijskem obdobju pa 5 postaj. Najboljše ujemanje med izmerjenimi in simuliranimi vrednostmi glede na vodotok opažamo na reki Savi, kjer je tudi največ vodomernih postaj z velikimi zaledji. Glede na prostorsko razporeditev so bile najslabše vrednosti KGE zabeležene v severozahodnem delu območja (Slika 4).

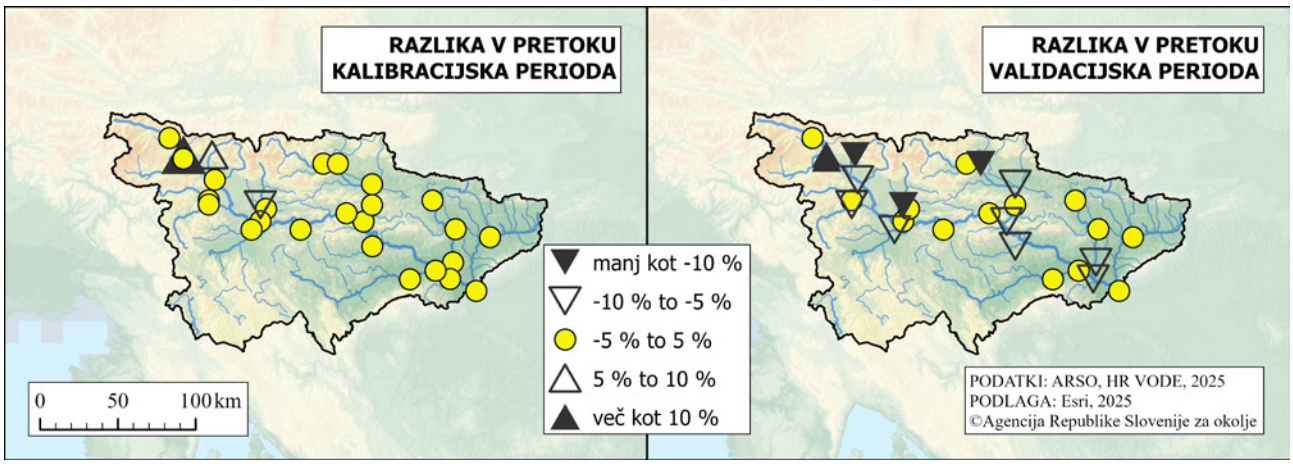
Po zaključeni kalibraciji smo z umerjenimi parametri zagnali model, s katerim smo preverili uspešnost kalibracije modela. Primarno smo izvedli validacijo simuliranih pretokov, dodatno validacijo pa smo opravili s primerjavo simuliranega števila dni, ko je prisotna snežna odeja na izbranih postajah.

Validacija pretokov

Primerjavo med merjenimi in simuliranimi vrednostmi pretoka smo izvedli na vseh 29 vodomernih postajah. Poleg primerjave pretoka



Slika 4: Rezultati kalibracije po merilnih mestih

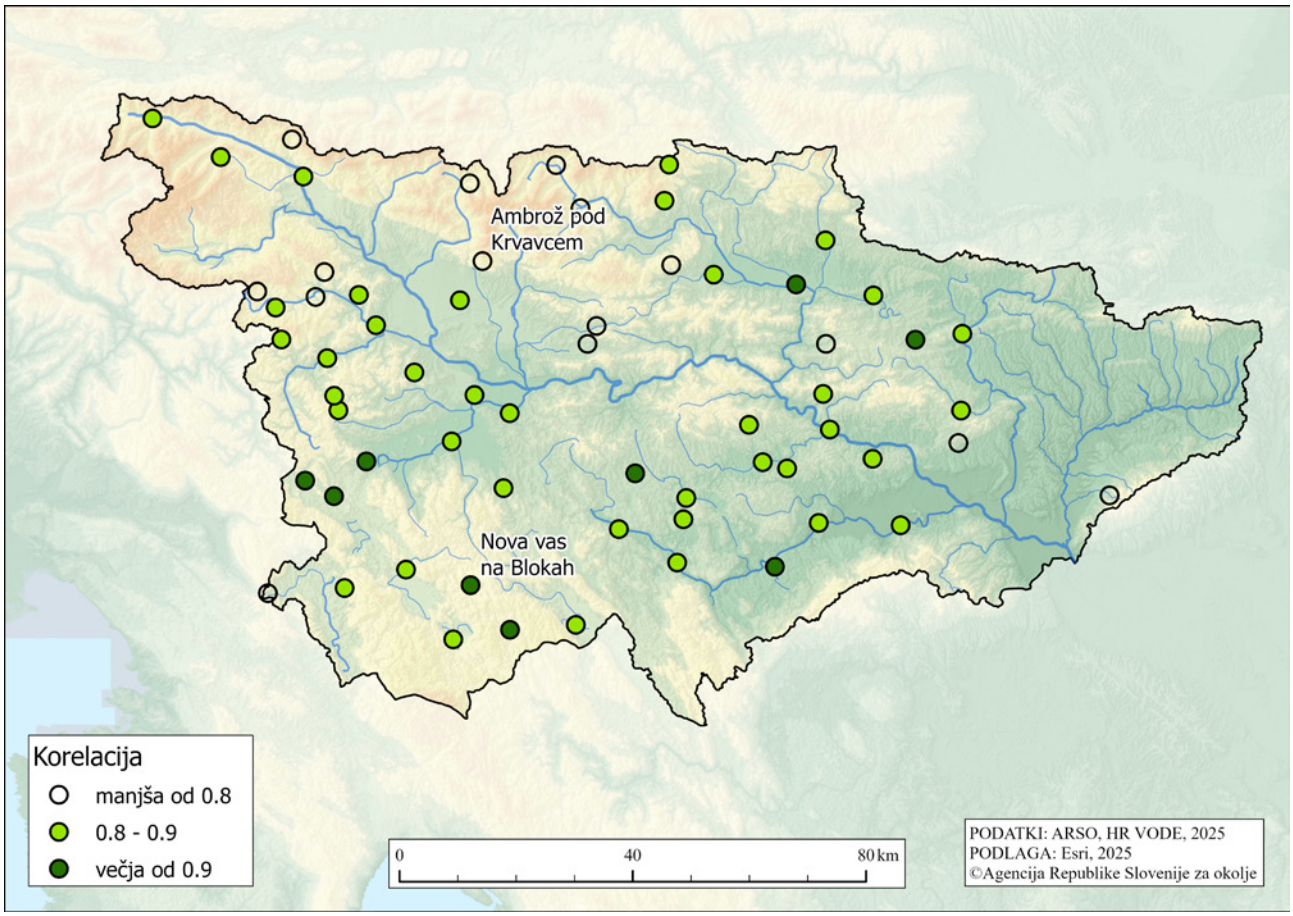


Slika 5: Razlika v volumnu pretoka med merjenimi in simuliranimi vrednostmi v različnih periodah

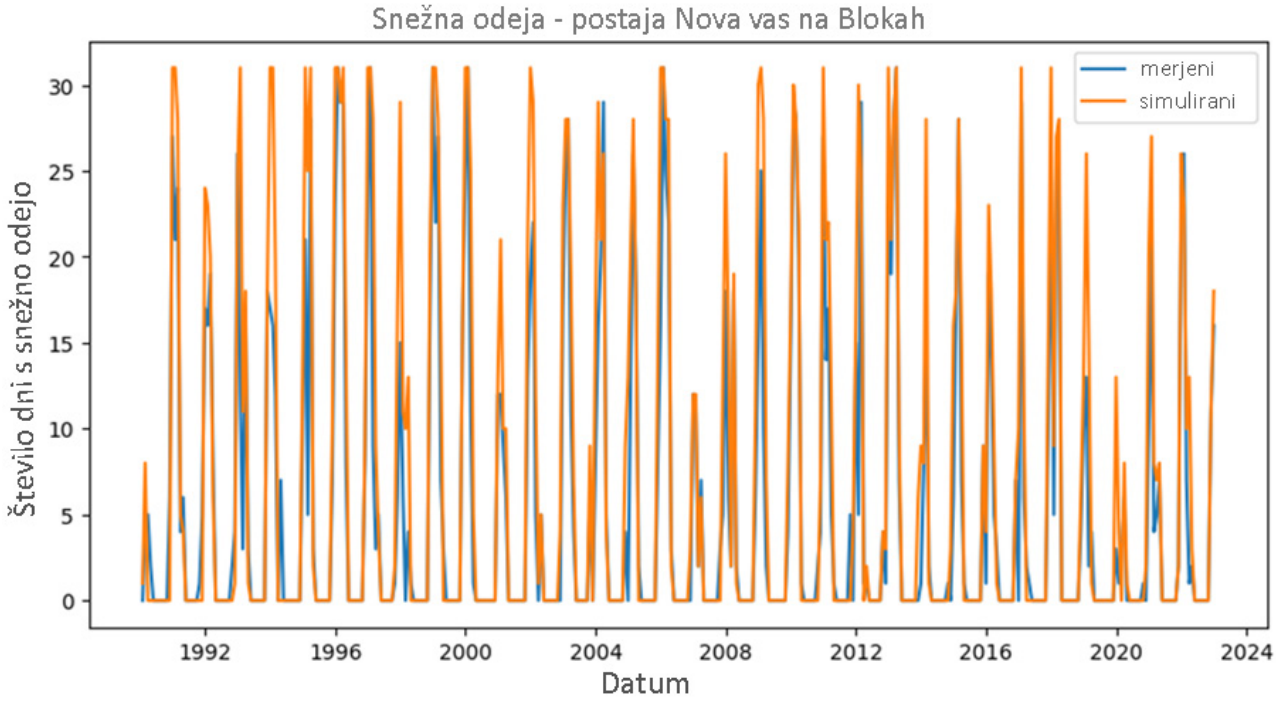
(m³/s) smo analizirali celotne količine vode (m³) v kalibracijskem in validacijskem obdobju (Slika 5). Odstopanja med merjenimi in simuliranimi vrednostmi smo izrazili v odstotkih.

V kalibracijskem obdobju je odstopanje med nizoma večinoma med -5 % in 5 %, le dve postaji imata višje vrednosti merjenih pretokov, postaja Blejski most na reki Savi Dolinki celo več kot 10 %. Ena postaja, Vir na Kamniški Bistrici, ima nižje vrednosti merjenih pretokov od simuliranih pretokov za 6 %.

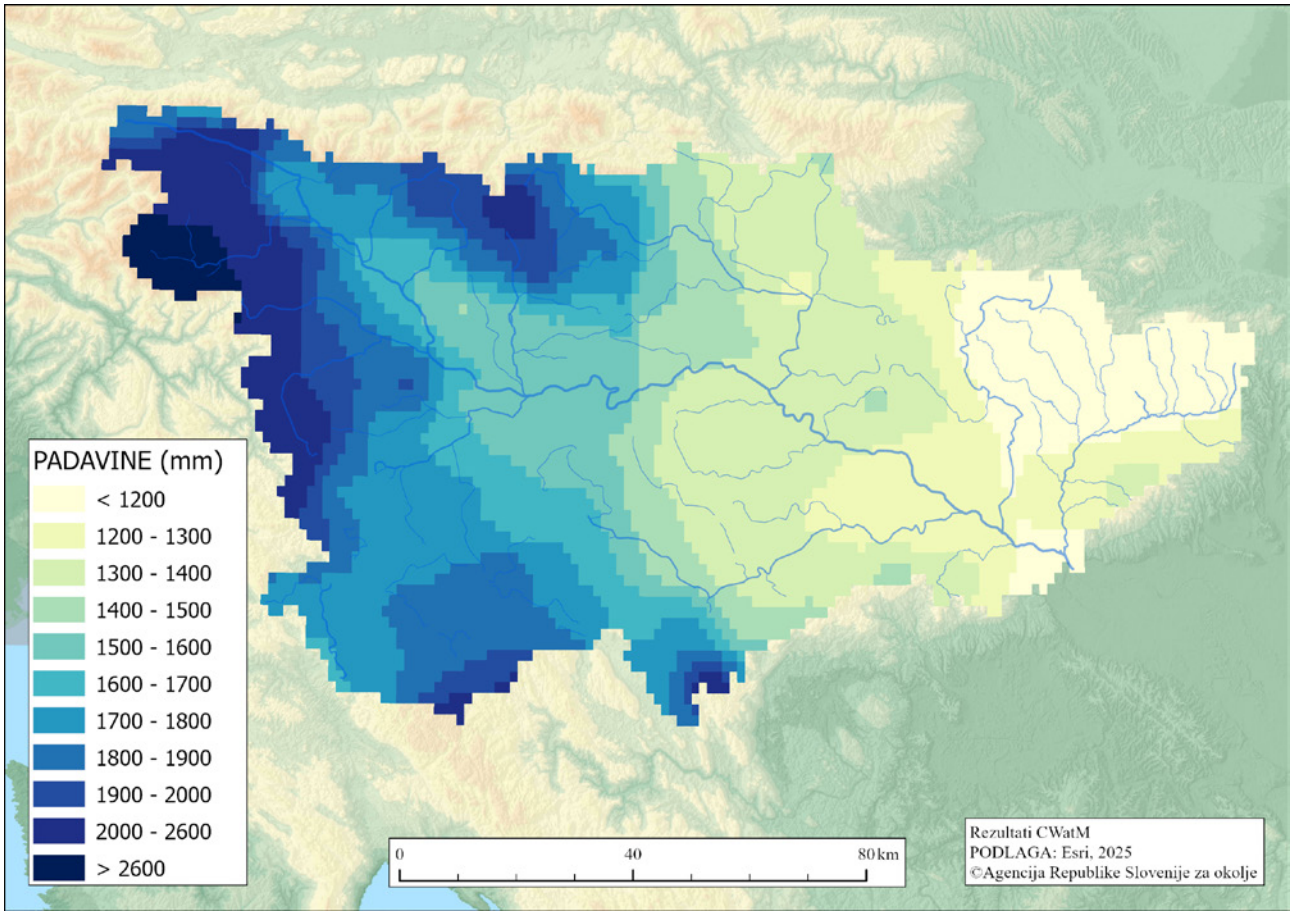
V validacijskem obdobju ima 8 postaj med 5 % in 10 % nižje merjene vrednosti od simuliranih vrednosti. Pri treh postajah; Preska, Rečica in Vir; pa so razlike večje kot 10 %. Najvišje odstopanje znaša 14 %, in sicer na postaji Preska na Tržaški Bistrici. Dve postaji, Blejski most in Bodešče, imata večje merjene vrednosti od simuliranih vrednosti za več kot 10 %.



Slika 6: Vrednost linearne korelacije med merjenimi in simuliranimi vrednostmi debeline snežne odeje



Slika 7: Primerjava meritev in simuliranih mesečnih vsot dni s snežno odejo na postaji Nova vas na Blokah



Slika 8: Povprečne letne padavine v obdobju 1991-2020

Validacija snežne odeje

Simulacije debeline snežne odeje modela CWatM so bile primerjane z meritvami snežne odeje na 62 lokacijah v slovenskem delu pilotnega območja Zgornja Sava in na eni lokaciji v hrvaškem delu pilotnega območja. Podatki za vse postaje so na voljo za celotno izbrano obdobje (1990 – 2022).

Simulirani rezultati zagotavljajo dolgoročne ocene debeline snežne odeje v širokem razponu nadmorskih višin in geografskih pogojev znotraj pilotnega območja. Validacija je bila izvedena z uporabo mesečnih vsot dni s snežno odejo. Linearna korelacija med opazovanimi in simuliranimi vrednostmi snežne odeje se giblje od 0,70 na postaji Ambrož pod Krvavcem do 0,93 na postaji Nova vas na Blokah, kar kaže, da model na splošno dobro zajema sezonske trende akumulacije in taljenja snega (Slika 6 in Slika 7).

Preliminarni rezultati

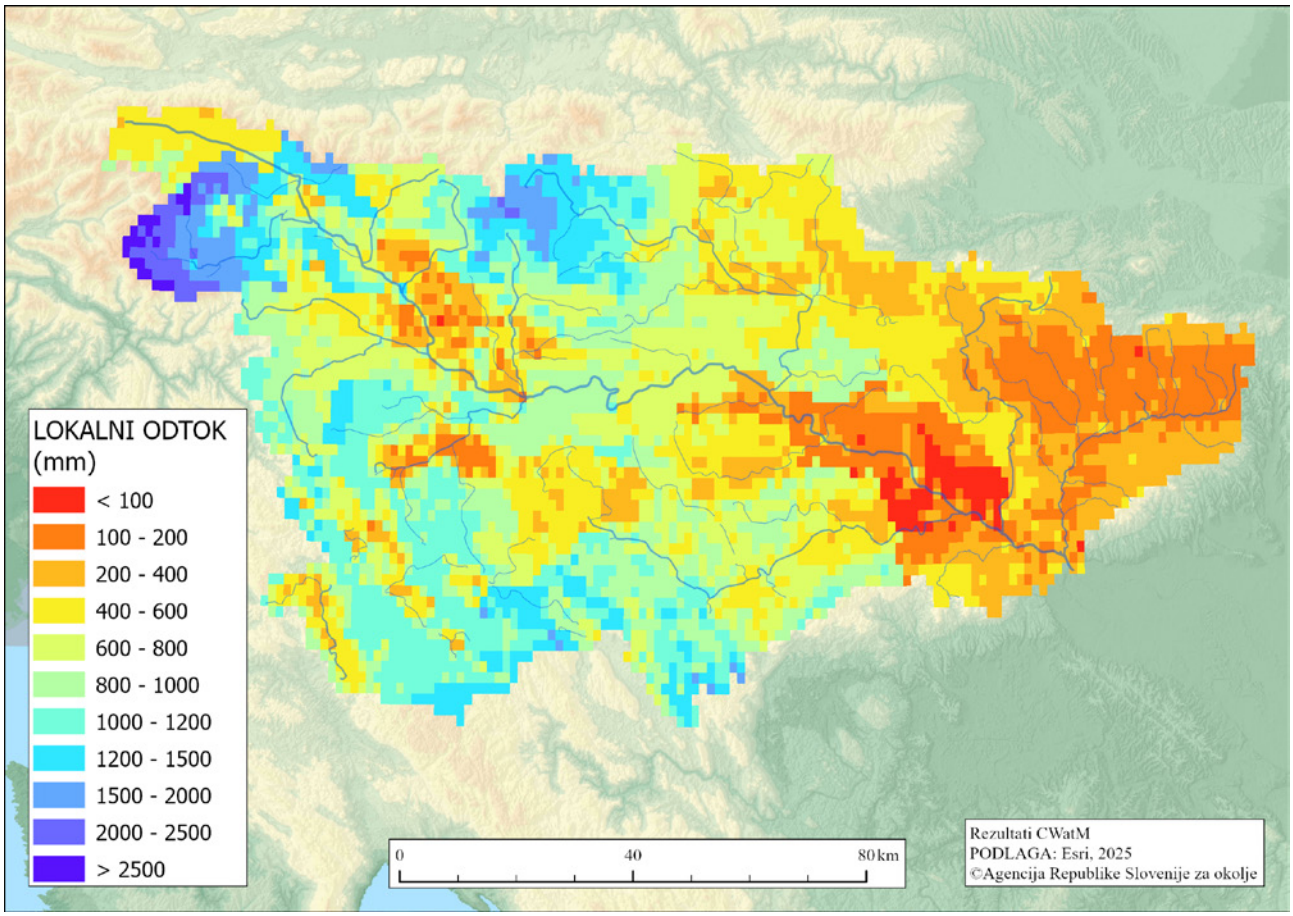
Na podlagi opravljene kalibracije in pridobljenih modelskih parametrov smo na pilotnem območju Zgornje Save zagnali model CWatM za 30 letno obdobje, 1991 – 2020.

Rezultati modela za povprečni letni odtok kot tudi povprečna letna količina padavin v izbranem obdobju najvišje vrednosti dosegajo na severozahodu pilotnega območja. Tukaj pade več kot 2600 mm padavin (Slika 8) in večina tega tudi lokalno odteče (Slika 9).
Povprečna količina padavin se proti vzhodu pilotnega območja postopoma zmanjšuje. Najmanjša količina padavin je na vzhodu območja, manj kot 1200 mm padavin.

Povprečni letni lokalni odtok v izbranem obdobju se ravno tako zmanjšuje proti vzhodu. Najnižje vrednosti, manj kot 100 mm, so značilne za območje v okolici Brežic.

Zaključek

Vzpostavitev in uporaba vodnobilančnega modela CWatM v okviru projekta »Razvoj usklajenega modelskega sistema vodne bilance za porečje Donave« za celotno porečje Donave, kot na pilotnem območju Zgornje Save predstavlja pomemben korak k usklajenem upravljanju čezmejne vodne bilance. Opravljena kalibracija in validacija na pilotnem območju, kjer podatke zagotavljata Agencija Republike Slovenije za okolje in Hrvatske vode, potr-



Slika 9: Povprečni letni lokalni odtok v obdobju 1991-2020

juje, da model predstavlja primerno orodje za simuliranje vodne bilance na čezmejnem območju.

Vrednosti kazalnika KGE, dobra skladnost merjenih in simuliranih podatkov o pretoku, snežni odeji in vlagi v tleh kaže na ustrezno delovanje modela tudi v zahtevnih kraških in gorskih območjih. Postavljena osnova omogoča nadaljnjo uporabo modela pri vključevanju vplivov podnebnih sprememb, upravljanju vodnih virov in načrtovanju čezmejnih ukrepov v porečju Save in širše v porečju Donave.

Viri

Burek, P., Satoh, Y., Kahil, M. T., Fischer, G., Tramberend, S., Nava, L. F., ... & Wada, Y. (2020). Development of the Community Water Model (CWatM v1.04) – A high-resolution hydrological model for global and regional assessment of water resources and their management. Geoscientific Model Development, 13(7), 3267–3298. https://doi.org/10.5194/gmd-13-3267-2020

IIASA [International Institute for Applied Systems Analysis]. (2021). Community Water Model: River Drainage Maps. URL:https://cwatm.iiasa.ac.at/data.html#river-drainage-maps (pridobljeno 8. oktobra 2025).

Natek, K., Natek, M., 2008: Slovenija. Portret države. Natek in ostali, d.n.o., Ljubljana, 203 p.

SURS [Statistični urad Republike Slovenije]. (2013). Voda- od izvira do izpusta., Ljubljana, 42 str. URL: https://www.stat.si/doc/pub/vodaodizviradoizpusta.pdf

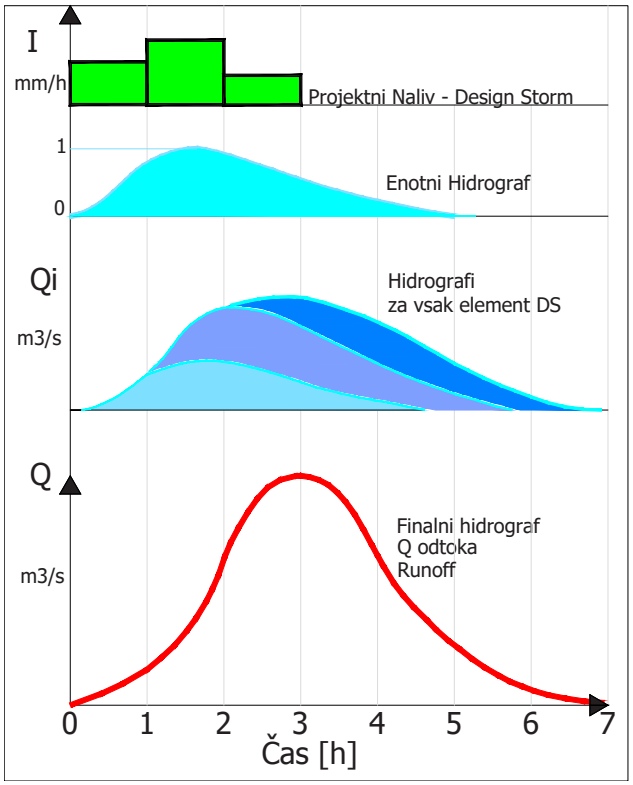
PROJEKTNI NALIV - DESIGN STORM

Niko Antončič, univ. dipl. inž. gradb., AQUADATA PROJEKTIVA, SVETOVANJE NIKO ANTONČIČ S.P.

Uvod

Razmišljanja o projektnih nalivih segajo že v 50-ta leta prejšnjega stoletja. V EU državah se običajno uporablja (Euler II, SCS (NRSC), CDS, ABM, AVM, G2P, Huff, trikotnik, dvojni trikotnik, ... Etc.) za distribucijo nalivov pri računu hidrologije za poplavno varnost. Podobno je tudi pri odvodni večjih urbanih površin in zalednih vod kjer so večji časi koncentracije Tc.

Tudi v Ljubljani se je že V 90-ih uporabil CDS naliv (DHI). Testno tudi drugi nalivi (SCS, Euller II in Huff). Vendar to trenutno ni ustaljena praksa. Uporaba Huffovih krivulj je vsekakor korak v pravo smer, ker je uporaba SCS metode brez projektnega naliva neprimerna. Ko se utrga oblak nikoli ni enakomeren naliv (uniform storm). Površina trikotnika in pravokotnika je sicer enaka samo intenziteta naliva je bistveno večja.



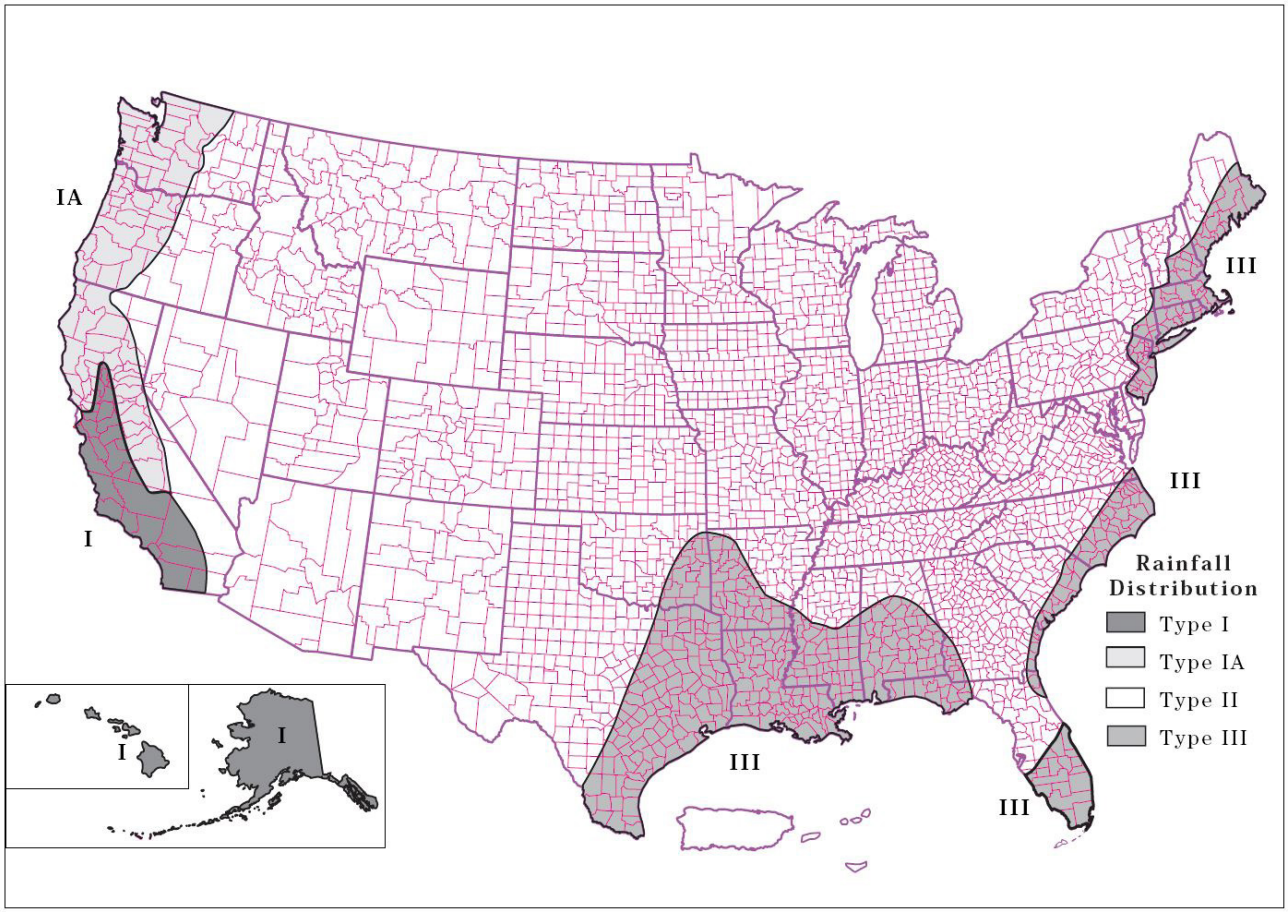
Slika1: Prikaz procesa tvorbe hidrografa iz projektnega naliva in enotnega hidrografa

SCS hidrološki model in TR-55

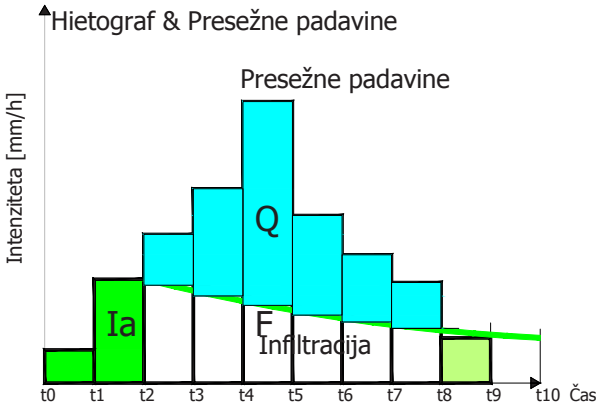
Hidrološki model/metodo SCS [1] (Soil Conservation Service / sedaj NRCS) je leta 1986 razvila USDA (US Department of Agriculture) na podlagi 100 letne baze padavinskih podatkov. Prekratke časovne vrste (npr. 40 let) lahko vodijo v napačno oceno bodočih dogodkov. Zelo so pomembni tudi zgodovinski dogodki, tako J.V. Valvasor v Slavi Vojvodine Kranjske (1689) piše o katastrofalni poplavi v Ljubljani leta 1190.

Razpon rezultatov SCS je zelo širok, ker uporablja 4 kategorije zemljišč A, B, C, D (od zelo propustnih, do malo propustnih tal) in CN faktor, ki je odvisen od tipa gozda, grmovja, tipa njiv in nivoja urbanizacije. V SCS TR-55 ima dotok razdeljen na 3 segmente (1 - sheet/ploskovni odtok, 2 - shallow/struga/jarek, 3 - kanal. SCS metoda se zaradi svoje relativne enostavnosti in predstavljivosti (CN number) uporablja tudi v številnih EU državah in tudi pri nas.

Pomembno pa je, da se pri SCS metodi poleg enotnega hidrografa odtoka uporablja tudi sintetični projektni naliv (npr. SCS, Euler II, CDS, ABM, G2P, trikotnik, dvojni trikotnik, Huff). Nikakor pa pri dolgotrajnih nalivih ni primerna uporaba enakomernega naliva (uniform storm), kar povzroči popolnoma napačne rezultate in bistveno podcenjene maksimalne pretoke . Faktor pri 24 nalivu je lahko



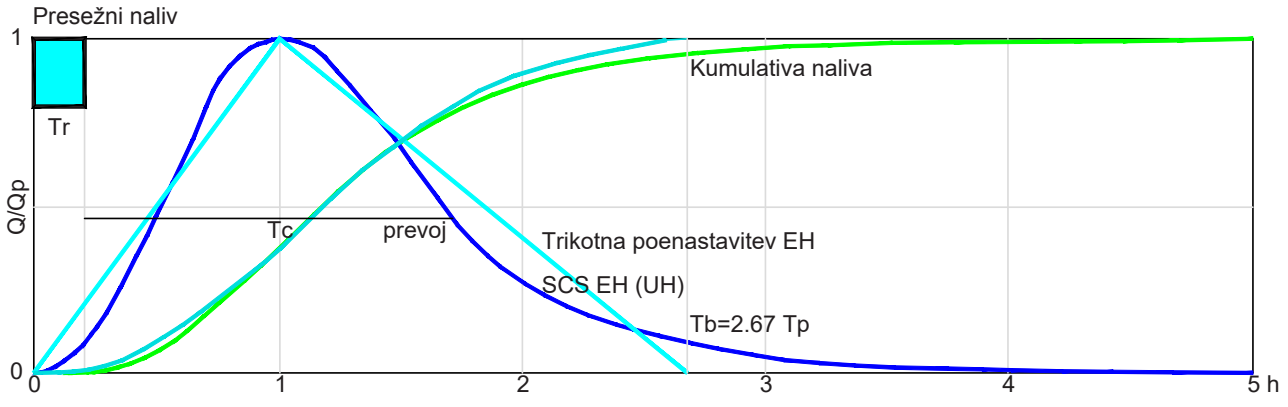
Slika 2: Uporaba 4 različnih tipov sintetičnih SCS nalivov za celotne ZDA [2]



Slika 3: Presežne padavine so osnova SCS metode

tudi 2. Na to sem opozoril že v poplavni študiji za Log Dragomer leta 2008 [7]. Predlagal dem tudi nacionalne standarde za projektne krivulje.
Na problem sem opozoril tudi na zadnjih dveh Mišičevih dnevih, ker sem bil poplavljenec v Kamniku, kjer mi je uničilo avto. V industrijski coni je bilo tudi 1 m deroče vode, na poplavnih kartah pa je bilo to področje celo izven 500 letne vode.

SCS metoda se v praksi v US uporablja pri manjših prispevnih ploskvah v obliki **TR-55.** Mejna površina za GPDM (Graphical Peak Discharge Method) je 10 km^2. Tu je samo ena ploskev. Z uvedbo računalnikov se je uveljavila Tabularna SCS metoda za



Slika 4: SCS enotni hidrograf (EH)

več ploskev in površino do 50 km^2 (65 km^2). TR-55 metoda uporablja 24 urne SCS nalive (Tip I, IA, II, III). Večina US ima tip II. Kalifornija ima tip I in IA , jug in vzhod US ob morju (orkani) pa tip III.

Metoda je integrirana v software za projektiranje cest in železnic (SoftDesk / danes Civil3D) za računanje zalednih vod in urbane odvodne, detenzijskih bazenov in propustov. TR-55 je dober tudi zaradi razumevanja bolj kompleksnih hidroloških modelov HEC-HMS, SWMM Etc.

Za softwersko tabularno metodo je skrita hidrologija v obliki tabel/matrik Tt (Travel time) 0 do 3 h, Tc 0 do 2 h, Ia/P (0.1, 0.3, 0.5) in čas simulacije od 9.0 do 24.0 ure. Te matrike so v manualu TR-55 [2].To je narejeno z interpolacijo in polinomskimi funkcijami.

TR-20 se uporablja za večja področja (do 1000 km^2) ker je software bolj kompleksen.

Osnovne formule SCS metode so

$$Q = \frac{(P-Ia)^2}{(P-Ia)+P} \quad [1]$$

$$Ia = 0.2\,S \quad [2]$$

$$Q = \frac{(P-0.2\,S)^2}{(P-0.2\,S)+P} \quad [3]$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad [4]$$

Slika 5: Osnovne formule SCS metode

P - Padavine; Q - Q odtok; Ia - Začetna retenzija; S – Potencialna retenzija

$$Tt1 = \frac{0.002886\,(n\,L)^{0.8}}{P2^{0.5}\;S^{0.4}} \quad [1]$$

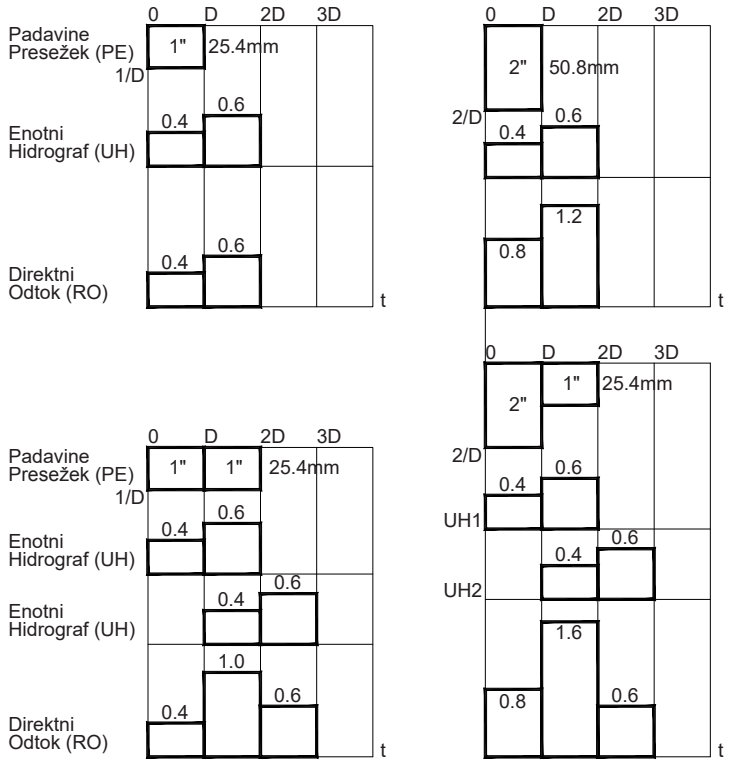
$$Tt2 = \frac{L}{3600\,v} \quad [2]$$

$$Tt3 = \frac{3.2912\,(r)^{2/3} S^{0.5}}{ng} \quad [3]$$

$$Tc = Tt1 + Tt2 + Tt3 \quad [4]$$

Slika 6: Račun Tc- Čas koncentracije

Tt1 – Čas toka po površini (do 100m); Tt2 – Čas toka kjer še ni formirana struga; Tt3 – Čas toka v strugi; Tc – Čas koncentracije [h]



Konvolucija - matematična operacija iz dveh funkcij, ki rezultira v tretji.
Integral produkta obeh funkcij se odbije okoli osi in premakne.
Integriramo produkt padavinskega presežka z vrednostjo enotnega hidrografa

Qm = 2x0.6+1x0.4 = 1.6

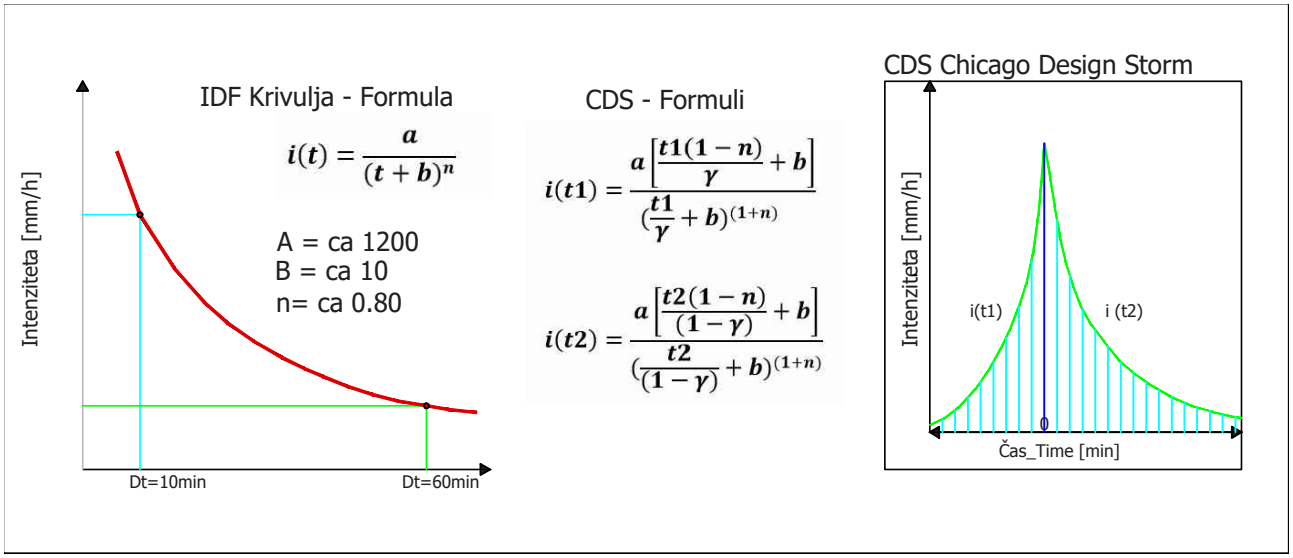
Slika 7: S konvolucijo projektnega naliva in enotnega hidrografa dobimo krivuljo odtoka [1]

Bistvo SCS projektnega naliva (24h, Tip II, III) je, da ca 2/3 dnevne količine padavin pade v 2 urah. Torej simulira naliv, ki mu ljudje rečejo da se je »utrgal oblak«. SCS je neke vrste modifikacija/integracija Huffovih krivulj Q2 in Q3 na podlagi 100 letne baze padavin za US.

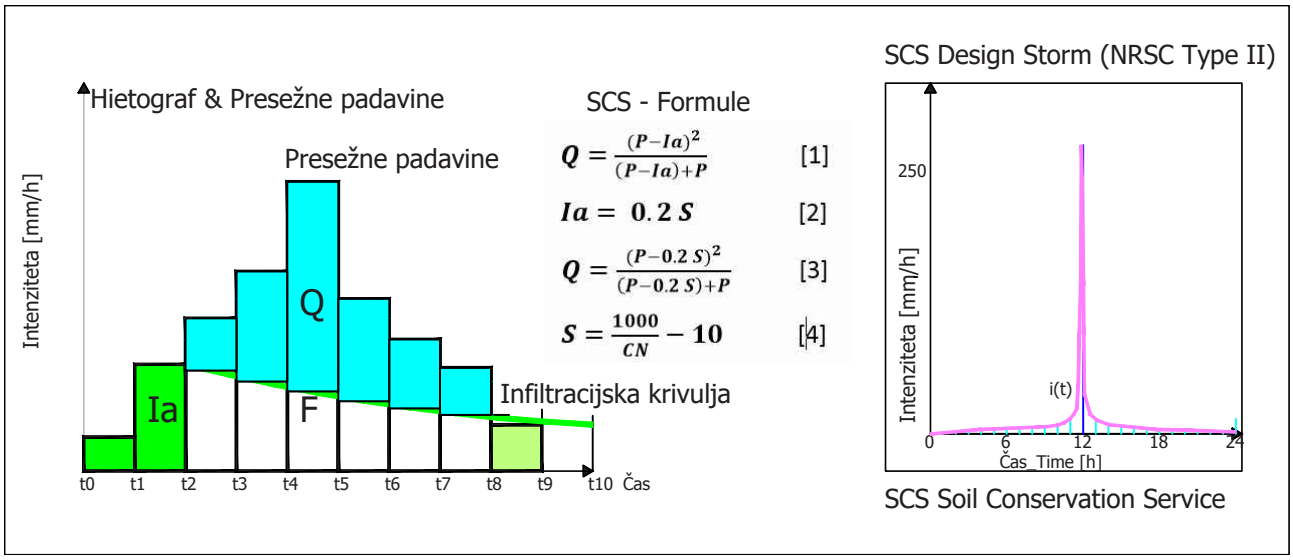
Različni tipi projektnih nalivov

Osnova za vse tipe projektnih nalivov je IDF (Intensity Duration Frequency) krivulja intenzitet nalivov z različno frekvenco (1-100, 500) let. Osnova za te krivulj je običajno Gumbelova metoda obdelave padavinskih podatkov.

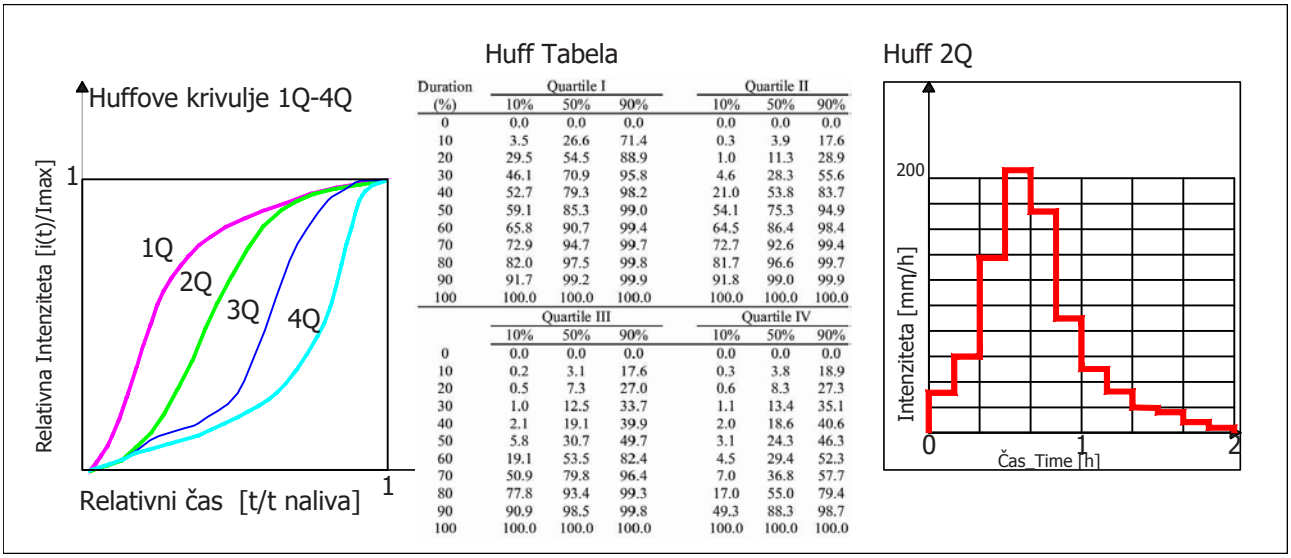
V Sloveniji običajno uporabljamo nemške smernice za vode (DWA). V smernici A-118 je predpisan projektni naliv Euler II [DWA A-118] [4].



Slika 8: IDF krivulje nalivov so osnova za različne tipe projektnih nalivov (Design Storm). CDS (Chicago Design Storm) projektni naliv se še vedno veliko uporablja pri modeliranju odvodne v večjih mestih. Metodo sta uvedla Keifer in Chu leta 1957.



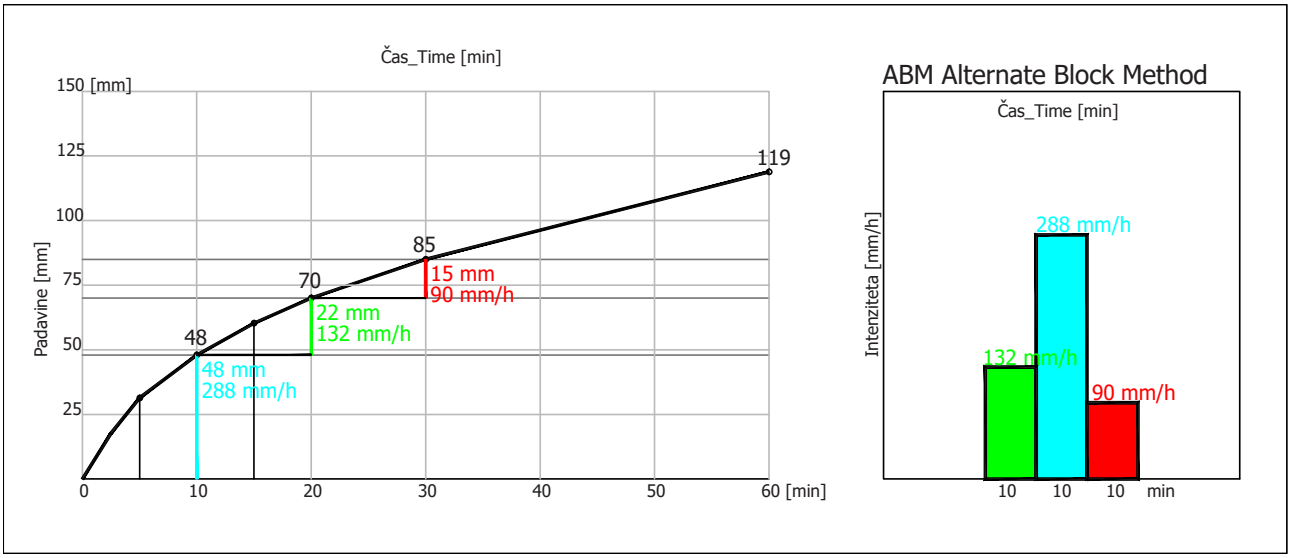
Slika 9: SCS metodo je razvilo ameriško ministrstvo za kmetijstvo (US Department of Agriculture oddelek SCS (Soil Consevation Services)) sedaj NRSC. TR-55 metoda je bila razvita leta 1986 [2]. Uporablja se na neurbanem in tudi urbanem področju.



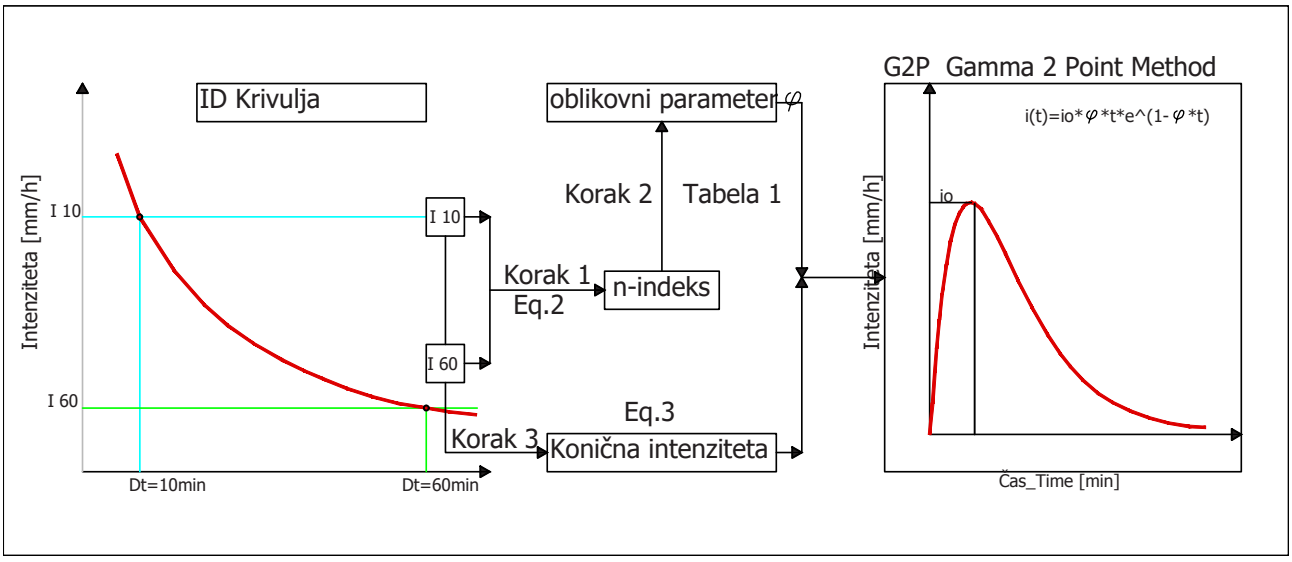
Duration (%)	Quartile I 10%	Quartile I 50%	Quartile I 90%	Quartile II 10%	Quartile II 50%	Quartile II 90%
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	3.5	26.6	71.4	0.3	3.9	17.6
20	29.5	54.5	88.9	1.0	11.3	28.9
30	46.1	70.9	95.8	4.6	28.3	55.6
40	52.7	79.3	98.2	21.0	53.8	83.7
50	59.1	85.3	99.0	54.1	75.3	94.9
60	65.8	90.7	99.4	64.5	86.4	98.4
70	72.9	94.7	99.7	72.7	92.6	99.4
80	82.0	97.5	99.8	81.7	96.6	99.7
90	91.7	99.2	99.9	91.8	99.0	99.9
100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

	Quartile III 10%	Quartile III 50%	Quartile III 90%	Quartile IV 10%	Quartile IV 50%	Quartile IV 90%
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.2	3.1	17.6	0.3	3.8	18.9
20	0.5	7.3	27.0	0.6	8.3	27.3
30	1.0	12.5	33.7	1.1	13.4	35.1
40	2.1	19.1	39.9	2.0	18.6	40.6
50	5.8	30.7	49.7	3.1	24.3	46.3
60	19.1	53.5	82.4	4.5	29.4	52.3
70	50.9	79.8	96.4	7.0	36.8	57.7
80	77.8	93.4	99.3	17.0	55.0	79.4
90	90.9	98.5	99.8	49.3	88.3	98.7
100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

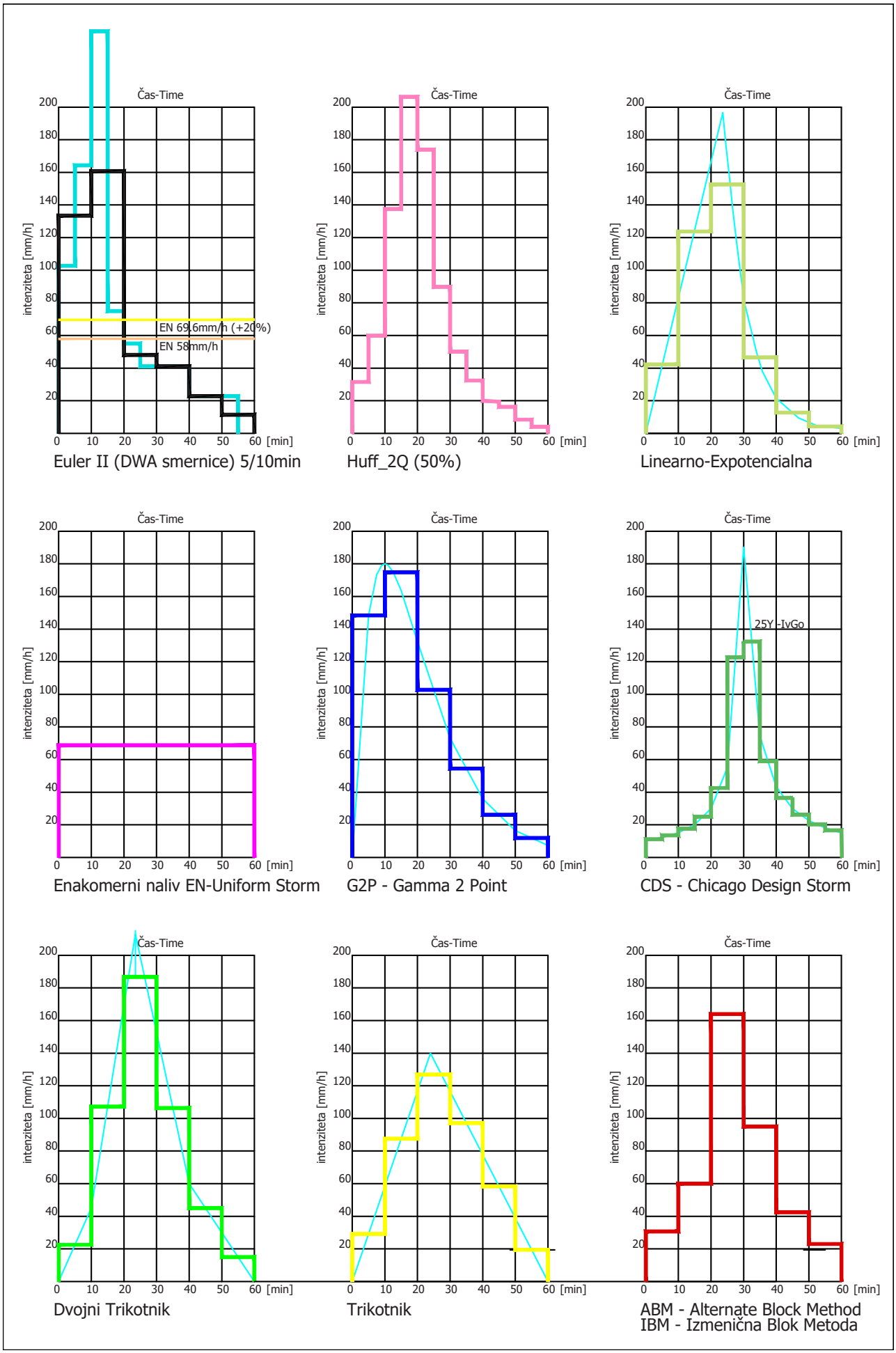
Slika 10: Huffove krivulje izvirajo že iz leta 1967. AVM Metodo Average Variability Method sta razvila Pilgrim in Cordery (1975). Vedno pa se pojavi problem dolžine časovne vrste podatkov.



Slika 11: ABM Alternate Block Method. Metoda izmeničnih blokov. Bloki se delijo levo-desno od sredine. Ta metoda se uporablja v Španiji.



Slika 12: G2P Gamma 2 Point metoda se uporablja v Španiji npr.Valencija.



Slika 13: Različni tipi projektnih nalivov

Log Dragomer - poplavna študija 2008

Ekstremne poplave so bile na tem področju že leta 1926 (Horjul, Povhov Gradec, Medvode. Ljubljana). Iz poročil tistega časa je razvidno, da so takratne nalive ocenjevali kot 50 letne, ker se je podoben poplavni dogodek zgodil leta 1933 s centrom na krimskem področju. Poplave v Log Dragomeru leta 1937 pa so bile bolj lokalne narave in so obsegale samo področje Dragomera in sosednje občine Vrhnika.

Projektanti vodotokov so večinoma navajali smernice HMZ iz 60-ih let kot izhodišče. Podobno je bilo tudi v projektih za AC, ki se je gradila leta 1975. Nazoren je primer največjega potoka Malenšce, kjer se je navajalo pretok Q_{max} **6.5 m³/s** za **186.2 ha.** Pretok Q_{100}, ki smo ga izračunali po metodi SCS pa je bil 14.5 m³/s. Na srečo so leta 1948 ob rekonstrukciji regionalne ceste povečali propuste. Tudi pri AC so propuste povečali za varnostno višino, medtem ko samo dimenzioniranje ni bilo narejeno za prepust (culvert) ampak kot kanal s prosto gladino.

Indikativen je tudi primer ocene pretoka Dragomerskega potoka. Strokovno mnenje in hidravlični izračun datira iz leta 1938 (Kraljevina Jugoslavija). Uradnik navaja tri avtorje in količine 0.59, 0.52 in 13 m³/s, potem pa vse tri vrednosti sešteje in deli s tri, nakar dobi 4.72 m³/s?! S tem dokaže da jarek širine 1.5m in višine 1m z naklonom brežin 1:1 ustreza?

Zanimivo je sedaj soočit „strokovno" oceno uradnika z opisom poplavnega dogodka leta 1937 g. Frančiška Čudna, ki se nenavadnega dogodka še zelo dobro spomnil.

»Poleti leta 1937 se je popoldne utrgal oblak. Vode je bilo toliko, da je prišla do vrha stare regionalne ceste, ki je bila ca 20-25 cm nižja ko sedaj (ca 295.40 mNN). Hud naliv je trajal od 1-1.5 h potem je voda počasi odtekala do polnoči. Povsod je bilo polno vode. Snežak pa je s sabo nosil tudi hlode in veje. Odnesel je tudi fanta, ki se je uspel rešiti. Dragomerska cesta je bila do domačije (križišče pri malnu) poplavljena, tako da smo se otroci s karjolo kot čolnom vozili do regionalne ceste. Skozi štalo je tekla voda, ki jo je bila živini do vampa.«

Vsekakor zelo nazoren opis, ki na prvi pogled deluje neverjetno. Z izračunom na 100 letne vode Q_{100} smo dobili 1.3 m nižji nivo zajezene vode kot je bil leta 1937.

Leta 1948 se je rekonstruirala regionalna cesta, povečali so se tudi propusti. Cesto so gradili nemški ujetniki, ki so imeli tudi nadzor. Verjetno so tudi dimenzionirali propuste, vendar tega dela projekta ni v dokumentaciji DARS. Višina Dragomerskega propusta 2.5m (1.15x2.5) pa govori o tem, da so se zelo dobro zavedali problematike. Da se lahko napolni volumen **200,000 m³** je potreben dotok Q_{max} ranga ca **25 m³/s.**

Zaradi ekstremne intenzitete naliva leta 1937 smo izbrali metodo **SCS TR-55**. SCS je najpogosteje uporabljena metoda v US pri računu Q_{max} zalednih vod in dizajniranju propustov cest in železnic. Metoda obsega poleg CN števil in enotnega hidrografa odtoka tudi neugodno distribucijo naliva (SCS Tip II). Naliv ne pade enakomerno v 6 urah ampak ima trikotno (eksponentno) obliko. Račun hidrologije je bil narejen s programom SoftDesk (danes Civil 3D), kontrola pa s HEC-HMS. Tiste dni je bil podatek HMZ za 24 h naliv za Ljubljano 172mm, enaka vrednost je bila v bazi podatkov tudi za Washington DC.

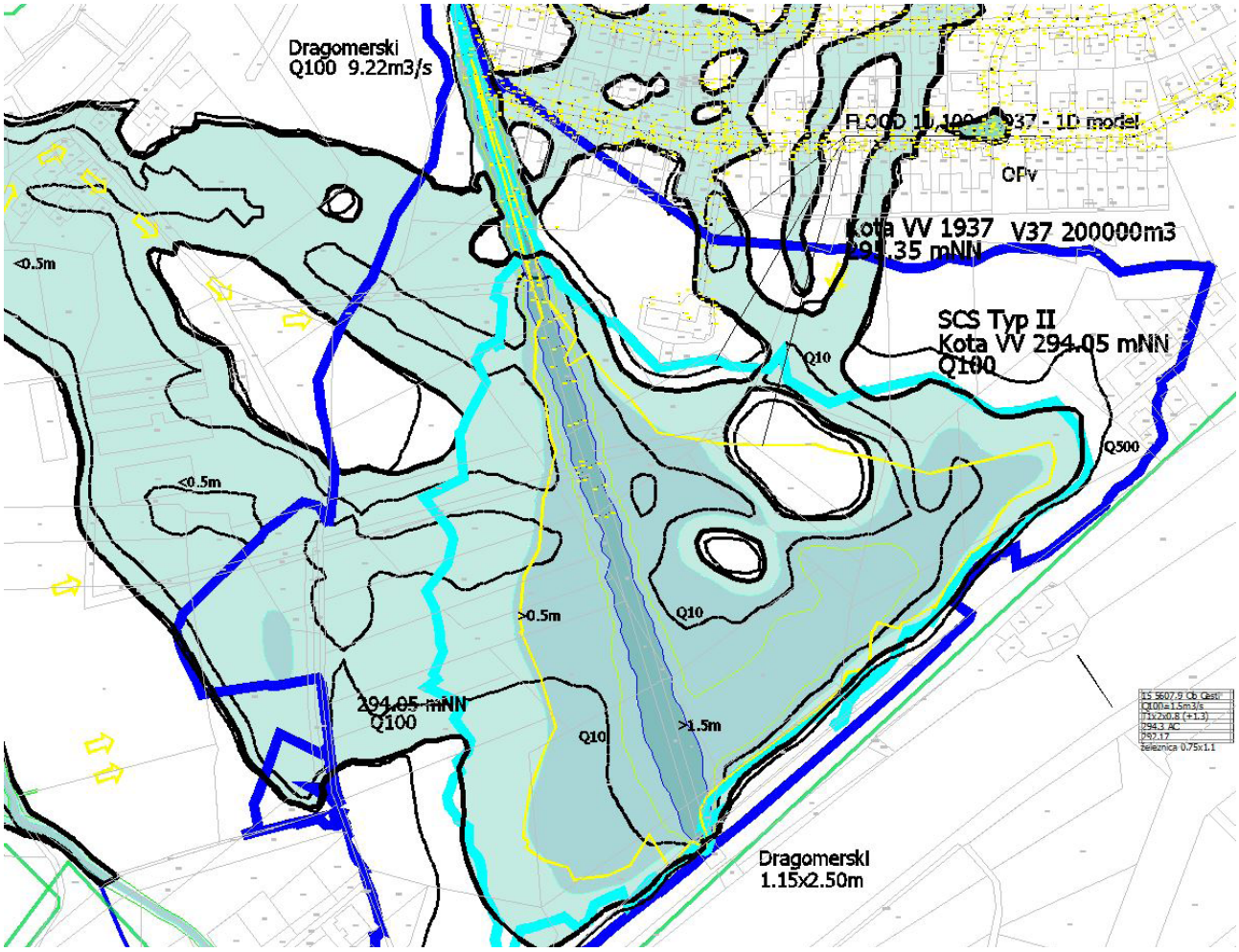
Nobenega resnega razloga ni zakaj bi bil Q_{max} v Ljubljani 2 do 3x manjši kot v Washingtonu. Razlika je samo v distribuciji projektnega naliva.

Pri novih izhodiščih smo za Dragomer dobili ca **2-3 krat večji Q_{100}** kot je bila uporabljen do tedaj. Pri tem smo uporabili relativno nizek CN za zaledje 55 (dober gozd) in srednja namočenost od predhodnih nalivov. Izbrali smo CN, ki je nekoliko nad B tipom zemljine, ker je deloma prisotna tudi glina nekaj pa je tudi depresij in krasa. V urbanem delu je CN 70 do 75.

Dragomerski potok

Dragomerski potok ima zaledje **63.89 ha** in **Q_{100} 9.22 m³/s.** Potok leži na dnu depresije, zato se vanj prelivata dobršen del poplavnih voda Malenšce in Snežaka. Pri ekstremnem nalivu leta 1937 se je praktično 85% vode Malenšce prelilo proti Dragomerskemu potoku. Podobno je bilo tudi s Snežakom.

Akumulacija leta 1937 je imela volumen ca **200,000 m³,** kar priča o izjemnem padavinskem dogodku. Gre za več kot 100 letne vode, ker so bile padavine nad 200 mm v 24 urah, kajti pri 180 mm je vsota vseh treh volumnov potokov v 15 urah ca 225,000 m³. Izračunana 100 letna akumulacija za propustom pa je ca **46,200 m³.** Prerez propusta se je sicer bistveno povečal ob rekonstrukciji regionalne ceste Ljubljana - Vrhnika, vendar samo to ne opravičuje velike razlike v volumnih. Možno je tudi, da so bili odtoki v smeri primarnih potokov še manjši zaradi erozije, pa tudi manjši propust je bil verjetno deloma zamašen zaradi erozije in vejevja.



Slika 14: Na sliki je poplavna linija leta 1937 označena s temno modro barvo, 100 letna izračunana površina (1D) pa je prikazana s svetlejšo modro barvo. Iz te slike se vidi, da se 1D in 2D model dobro ujemata. 2D model ima tudi nekoliko dopolnjen geodetski posnetek.

Dotok se zaradi prelivov poveča iz **9.22 m^3/s** na **25.0 m^3/s.** Prepust zmanjša pretok samo na 6.24 m^3/s, zato dolvodno ni tako škodljivih vplivov kot bi sicer bili ob takem pretoku. Poplavna kota obstoječega stanja **H_{100}** je **294.05 mNN,** kar je 5cm nad zgornjim robom propusta B/H 1.15/2.5m.

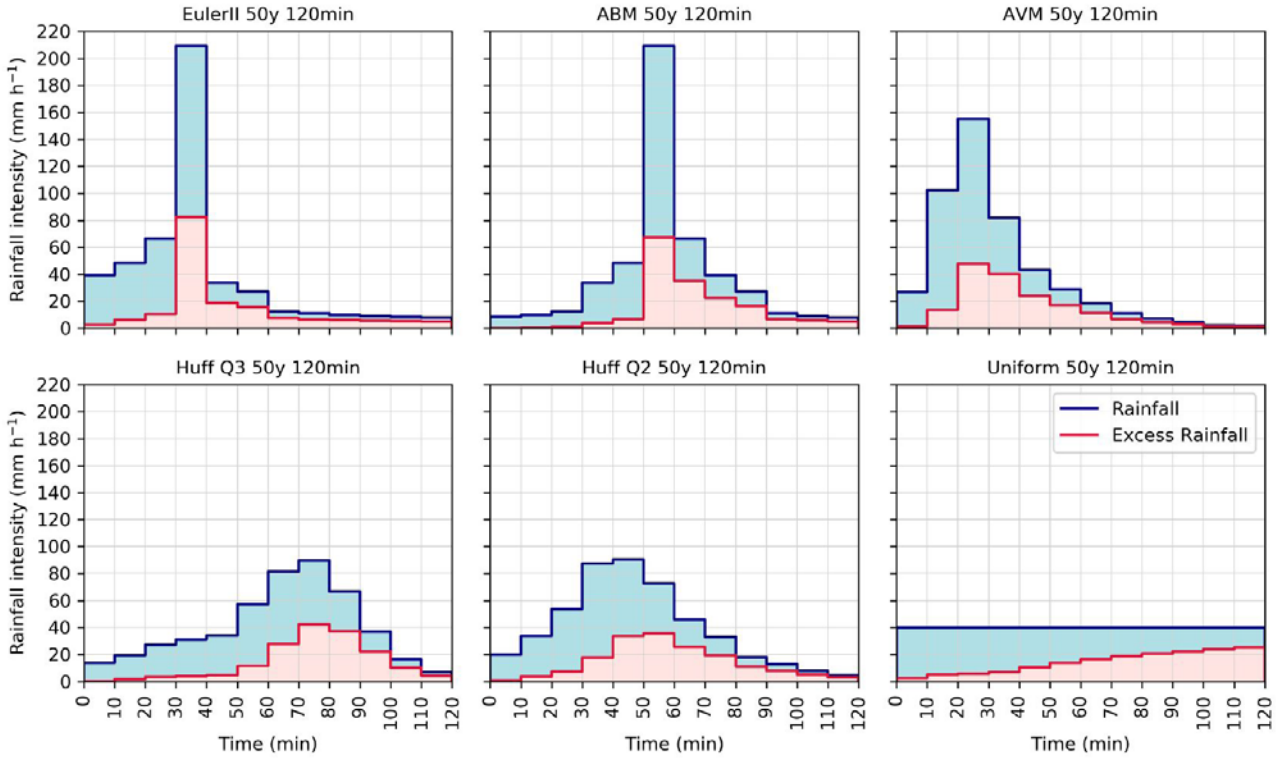
Akumulacijski volumen je neka vrsta meritev ekstremnega dogodka iz leta 1937. Boljših podatkov in meritev ni. Kakorkoli tudi za mene je bilo presenečenje, da je bila dejanska poplavna kota več kot 1m višja od računske kote po SCS metodi in NRSC projektnemu nalivu Tip II. Prepusti so bili bistveno manjši in verjetno delno zamašeni, Vseeno pa se je zgodila večina naliva preko 200 mm v 2 urah. Podobni so tudi nalivi v Istri in Dalmaciji v zadnjih letih (npr. Novigrad (2h)). Tudi naliv ki je povzročil poplave na Vrhniki (174mm) se je zgodil praktično v 2 urah.

Na dan katastrofalnih poplav 4-Aug-2023 sem se ob 10 uri peljal iz Fažane proti Vodnjanu v Istri. Takrat se je ravno začel ekstremni naliv, zato smo se morali umaknit s ceste, kjer je bilo maksimalno tudi preko 0.5 m deroče vode. Ko sem prišel ob 11:30 v Vodnjan je bila glavna cesta z drevoredom zaprta (ca 0.75m vode). Nikjer ni bilo ne policije ne gasilcev, zato sem peljal preko starega Vodnjana proti Žminju. Vse skupaj se je zgodilo v 1.5 ure.

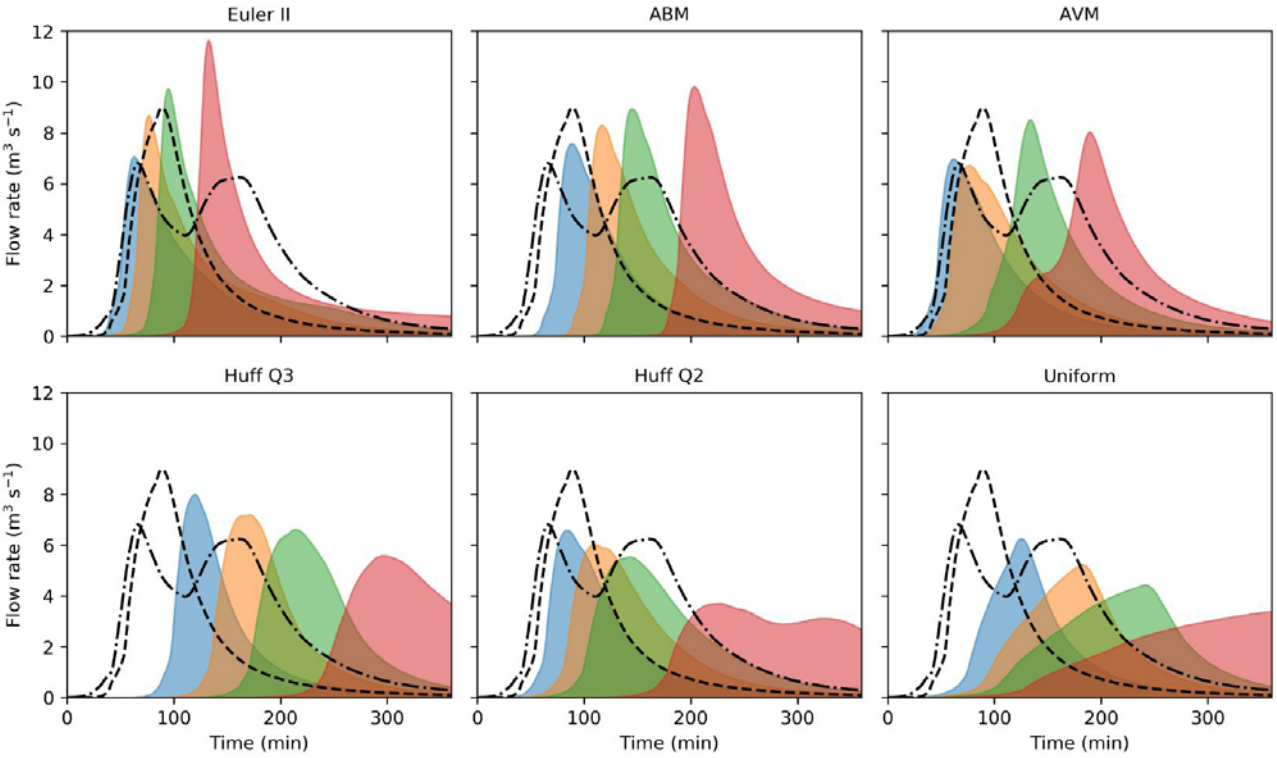
Nalivi Novigrad [3]

Študija reške univerze [3] raziskuje in primerja več načrtovanih neviht za oceno poplav za delno urbanizirana področja Novigrada. Upoštevanih je bilo šest različnih tipov neviht: Euler II, metoda izmeničnega bloka, metoda povprečne variabilnosti, Huffove krivulje in enakomerne padavine. Poleg tega sta bili za primerjavo vključeni dve ekstremni zgodovinski nevihti. Majhno, nemerjeno, delno urbanizirano povodje v Novigradu (Hrvaška) je bilo izbrano kot študijsko območje, da bi upoštevali vpliv infiltracije na proces padavine-odtok. Učinkovitost vsake projektirane nevihte je bila ocenjena na podlagi rezultatov modeliranja poplav, in sicer globine vode, hitrosti vode, stopnje pretoka in splošnega obsega poplav. Poleg tega je bilo za opredelitev kritičnega scenarija upoštevano več trajanj padavin. Presežek padavin je bil izračunan z metodo SCS Soil Conservation Service, dvodimenzionalne simulacije poplav pa so bile izvedene z modelom HEC-RAS. Rezultati so potrdili, da imata izbira projektirane nevihte in trajanja pa-

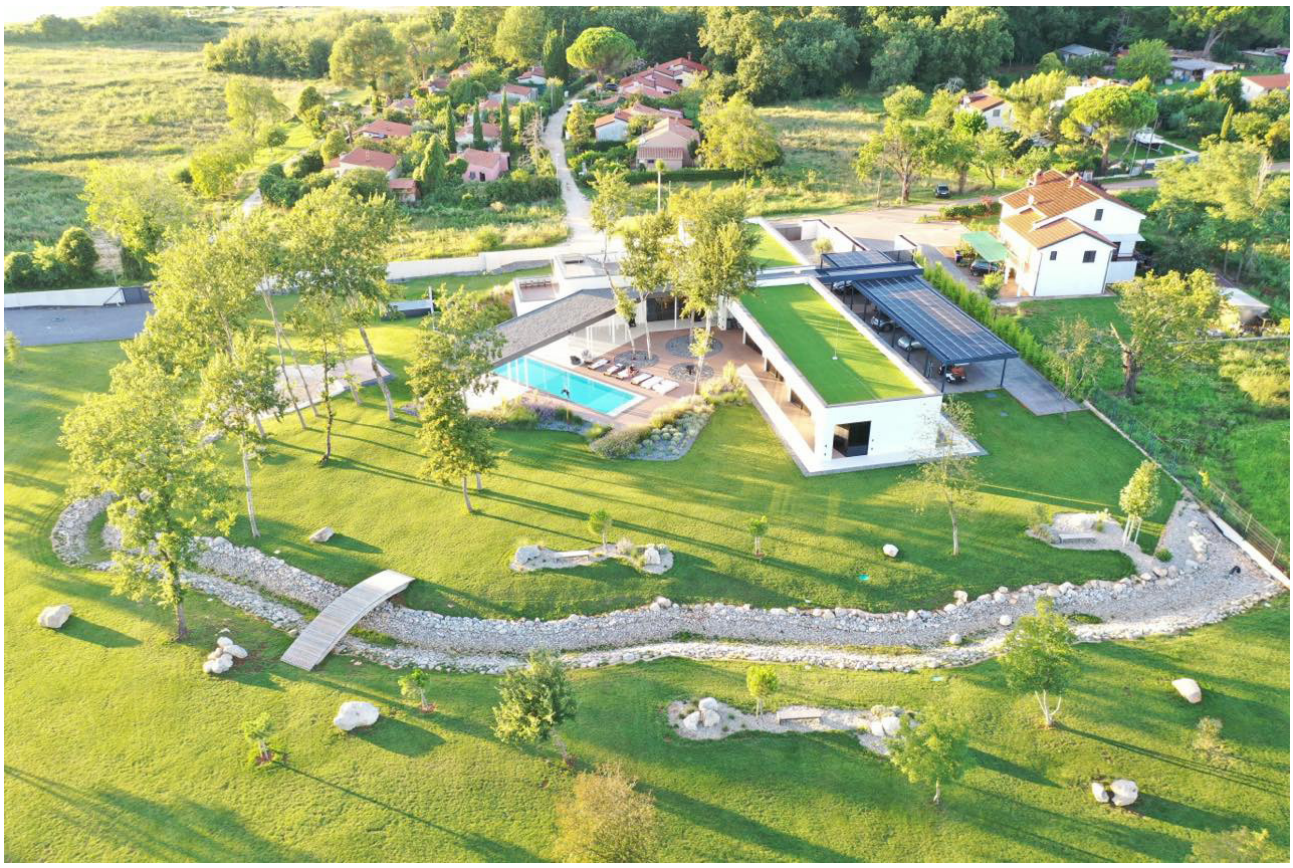
davin pomemben vpliv na rezultate modeliranja poplav. Na splošno so načrtne nevihte, izdelane samo iz krivulj IDF, precenile poplave v primerjavi z zgodovinskimi dogodki, medtem ko so načrtne nevihte, izpeljane iz analize opazovanih časovnih vzorcev, ustrezale ali rahlo podcenjevale rezultate poplav. Od šestih obravnavanih načrtovanih nevihte je metoda povprečne spremenljivosti pokazala največje ujemanje z zgodovinskimi nevihtami.



Slika 15: Primerjava 6 različnih intenzitet projektnih nalivov



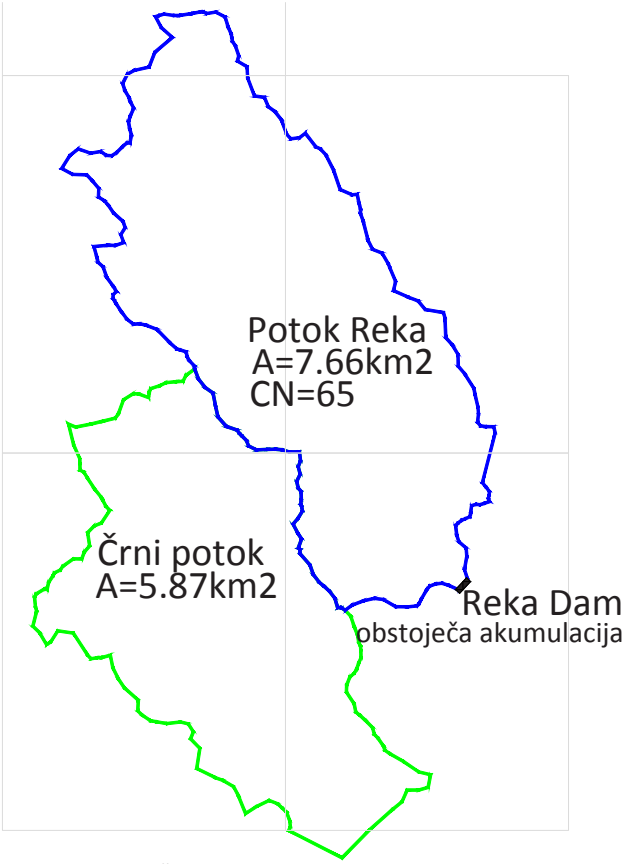
Slika 16: Primerjava pretokov 6 različnih projektnih nalivov. Vidi se odstopanje Huffovih krivulj in predvsem enakomernega naliva (uniform storm) ki splošči konice.



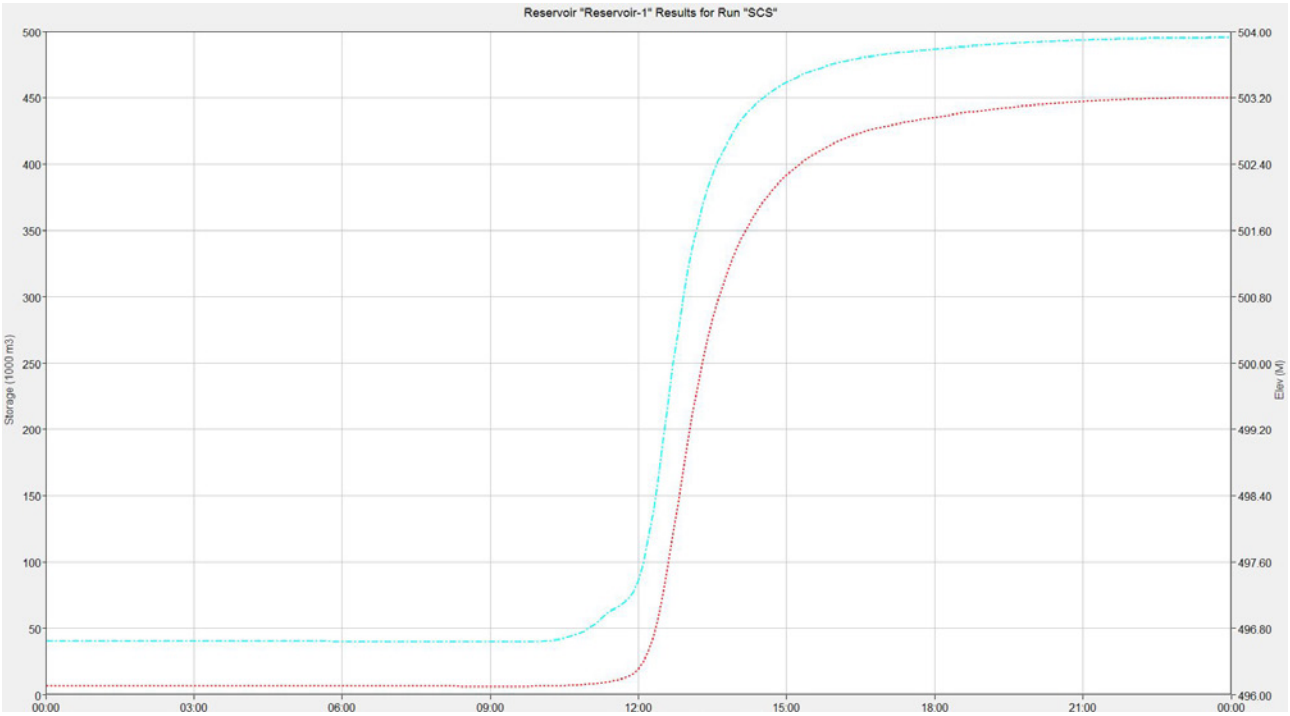
Slika 17: Pred 3 leti je bila zgrajena vila v Dajli. Da je področje poplavno so opozorili sosedje ker jih je poplavljalo. Zaledje je veliko 85 ha. Po SCS metodi je bil dimenzioniran »potok« na Q_{100} = 7 m^3/s. Do sedaj je bilo že 11 večjih padavinskih dogodkov. V najbolj ekstemnem nalivu je bilo že 75% profila polnega. V sončnem vremenu pa je to romantičen potoček z manjšim slapom in bajerjem s skritim črpališčem in tlačnim vodom do začetka »potoka«. Pretok čiste vode je 20+ l/s in je idealno za hlajenje po savni.

Pregrada na potoku Reka v Logatcu

Glavni vodotok na logaškem polju je Logaščica, ki izvira severozahodno od Logatca na področju Žibrš. Logaščica nastane z združitvijo dveh potokov Reke in Črnega potoka v Gorenjem Logatcu. Sama Logaščica je dolga ca 3 km in ponikne v kanjonu Jačka. V idejnem projektu, ki ga je izdelala Splošna vodna skupnost Ljubljanica-Sava (Feb -1975) je navedena ponikalna sposobnost 15 – 16 m^3/s. Dejansko je danes ocenjena količina ponikanja pod 10 m^3/s. Ker so dotočne količine Q_{max} bistveno večje so bile v Logatcu stalne poplave. Po katastrofalnih poplavah 1964 so se začele aktivnosti za izgradnjo pregrade Reka. Projekt se je začel 1975 in končal teta 1980. Leta 1979 je bila še ena huda poplava tudi s smrtnimi žrtvami. Kakorkoli, pregrada z višino 10 m in ca 500,000 m^3 volumna je bistveno izboljšala poplavno varnost v Logatcu. V zadnjih 20 letih smo imeli kljub vsemu kar nekaj resnih poplav. Sedaj se gradi tudi pregrada na Črnem potoku. Ob zadnji visoki vodi je bila zaradi vibracij in zvokov pri izpustu pregrade Reka narejena evakuacija dela prebivalcev Logatca. Imamo celo izkušnjo porušitve bistveno manjše pregrade v Hotedršici in poplave te vasi.



Slika 18: Reka in Črni potok prispevne površine



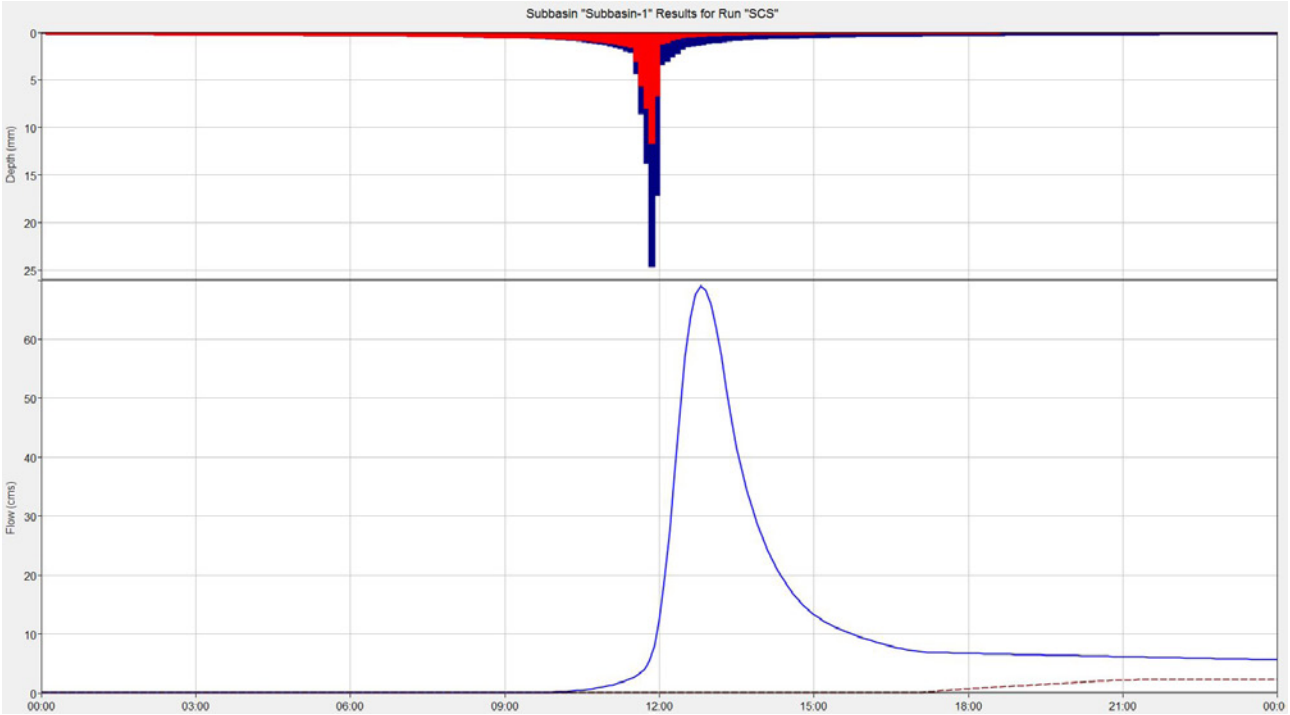
Slika 19: Simulacija HMS na za obstoječo pregrado Reka (volumen in H – Čas (24h)

Kakšna je hidrologija tega objekta? Izračun (1975) je bil narejen po Iskovskem in Krebsu. Q_{max} po Iskovskem je 11.42 m^3/s. Po Krepsu je **Q_{100} 27.16 m^3/s.** Na sotočju potokov je bil izračun po Krebsu za oba potoka skupaj 53 m^3/s. HMZ pa je iz dejanskih razmer poplave 1964 na sotočju obeh potokov ocenil pretok na 65 m^3/s.

Kakšne pretoke dobimo če uporabimo SCS metodo s projektnim nalivom (npr. Tip II)? Samo za prispevno področje A = 7.66 km^2, CN = 65, Tc = 1.48 h dobimo ca **70 m^3/s.** To količino dobimo z TR-55 in HEC-HMS (SCS enotni hidrograf in SCS/NRSC projektnim nalivom).

V številnih državah je metoda PMP/PMF osnova za varnost pregrad.

Zanimiv je tudi izračun Q_{100} nad pregrado v poplavni študiji Logatca, **Q_{100} = 23.7 m^3/s** in Q iz-



Slika 20: Račun Q_{100} z HEC-HMS za pregrado Reka (P_{24}=180mm, SCS tip II)

TR 55 PEAK RUNOFF CALCULATION (GRAPHICAL METHOD)

V5.0 AD-2022

CLIENT:	Logatec	COUNTY:	AD_AQUA	DATE:	10/15/2022
DSN BY:	AquaData	CHK BY:		DATE:	
COMMENTS:	Reka_Dam				

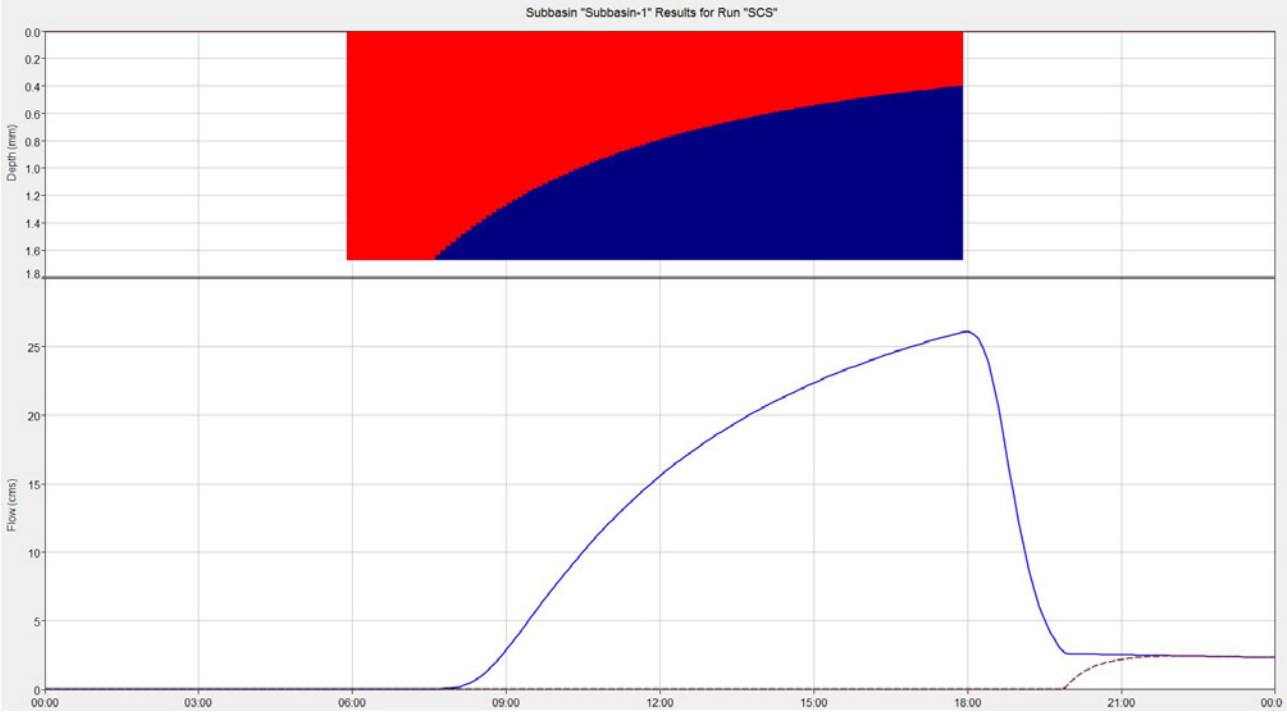
			Tc	CN	Help
Drainage Area	1893.57	Acres			
Runoff Curve Number	65	CN			
	766.30	Ha			
Time of Concentration	1.480	Hours	Print Tc	Print CN	Print Runoff

Frequency	yr	1	2	5	10	25	50	100
Rainfall, P (24 hour)	in	2.75	3.21	4.12	4.70	5.38	5.95	7.10
Initial Abstraction, Ia	in	1.077	1.077	1.077	1.077	1.077	1.077	1.077
Ia/P ratio		0.392	0.336	0.261	0.229	0.200	0.181	0.152
Unit Peak Discharge, qu	cfs/ac/in	0.290	0.330	0.369	0.381	0.392	0.400	0.412
Runoff	in	0.40	0.60	1.10	1.45	1.91	2.32	3.18
	ac-ft	62.47	95.23	173.62	229.46	301.84	365.85	501.80
Peak Discharge, qp	cfs	217.5	376.6	768.4	1048.7	1421.0	1756.1	2480.8
	l/s	6160.2	10663.1	21757.8	29696.0	40237.8	49728.4	70248.7

Slika 21: Račun Q_{100} po SCS TR-55 metodi za obstoječo pregrado Reka_Logatec

pusta = 3 m^3/s. Izpust sta dve cevi DN600 z nekontroliranim iztokom. Pretok je praviloma odvisen samo od višine vode v zajezitvi. Pregrada na Reki je bila v zadnjih 10 letih 2 krat polna, kar pomeni da je poddimenzionirana in da je potrebno upoštevat tudi prelivno količino. Poplavna študija je bila narejena za dolino Reke s CN = 61 in 100 letni 24 h naliv 200 mm. Če računamo po SCS metodi iz teh podatkov dobimo **Q_{100} = 73.2 m^3/s.** Če na drug način izhajamo iz preproste plausibiliti ocene da se zgodi preliv vsakih 5 let in je razmerje med 100 in 5 letnim nalivom 3.22 dobimo oceno Q_{100} = 76.5 m^3/s. Za orientacijo še izračun po Kresniku pri a = 0.8 je Q_{100} = 56 m^3/s in pri a = 1 je Q_{100} = 70 m^3/s.

Kako projektant dobi Q_{100} 23.7 m^3/s?



Slika 22: Račun Q_{100} z HEC-HMS SCS (EH) in 12 h enakomernim nalivom (uniform storm) za pregrado Reka Logatec.

Če razdelimo padavine na enakomeren naliv 15 h dobilo Q_{100} 21.1 m^3/s. Pri 6h enakomernem nalivu je Q_{100} 49.7 m^3/s. Na ta način lahko poljubno zmanjšamo poplavno nevarnost. Ti sploščeni hidrografi ne odražajo stanja ko se utrga oblak. Ta "jadra" vidimo tudi pri Novigradu pri enakomernem nalivu (primer 6 - uniform storm). Ni čudno da potem odnese kak avto več kot je bilo predvideno. Lahko pa tudi pretoki Q_{100} po poplavah narastejo iz 300 m^3/s na 470 m^3/s.

Zaključek

O problematiki uporabe enakomernega (uniform storm) projektnega naliva sem pisal že v poplavni študiji Log Dragomer 2008. Predlagal sem nacionalne standarde glede projektnih nalivov. Kontaktiral sem tudi dr. Mojco Šraj, ki je razumela problem, rekla je da bo fakulteta proučila to problematiko. V študiji piše tudi, da je tudi Hidrotehnik opazil problem in uporablja enostavno Kresnikovo formulo za Q_{100}. Podobno je tudi na štajerskem kjer VGP Drava za male prispevne ploskve uporablja raje Kresnika ne pa izračunov kjer je Q_{100} ca 5 m^3/s na km^2. Na občini Prevalje sem po naključju našel izračun VGP Drava za Štefanov potok s površino 0.85 km^2, ki je bil skoraj identičen izračunu z TR-55 Q_{100} = 10.87 m^3/s. Enako je bilo pri Flisovem potoku.

Mag. Markič (Inšpektorat za Ceste) je na posvetu na temo poplavne varnosti na Livadi leta 2014 zahteval, da se hidrološke osnove za propuste takoj poveča za 50 -100%. G. Markič ni to predlagal na osnovi nekih novih teoretičnih izhodišč ampak na podlagi osebnih izkušenj. Posvet je organizirala dr. Globevnik, prisotnih je bilo pet bivših ministrov za okolje.

V zadnjih letih se v nekaterih izračunih uporabljajo Huffove krivulje, kar je vsekakor korak v pravo smer. Nekatere države gredo zaradi lastnih izkušenj v bolj ostre distribucije (dvojni trikotnik, ABM, NRSC Etc.). Nemci uporabljajo projektni naliv Euller II. To je zapisano tudi v nemški smernici DWA A-118 za odvodno. Te smernice naj bi se pri nas sicer uporabljale vendar nad tem ni neke kontrole ali usmeritev.

Mnogi se zavedajo problematike prekratkih časovnih vrst podatkov o nalivih in distribuciji nalivov. O tem je pisal tudi prof. Kompare v odličnem članku v zborniku po poplavah leta 1990. V tem zborniku je tudi članek dr. Lučke Kajfež Bogataj o vremenskih spremembah. Angleži so že pred 25 leti zaradi vremenskih sprememb povečali nalive za 20%. Moramo pa ločit med projektnim nalivom in vremenskimi spremembami. Med obema vojnama je bilo veliko ekstremnih poplav pa takrat še ni bilo vremenskih sprememb. Zgodovinska poplava v Log Dragomeru leta1937 in opis le tega je zelo zanimiva, ker je akumulacija neke vrste meritev, ki veliko pove o obsegu dogodka. Tudi za Planinsko polje obstajajo zelo zanimivi zgodovinski podatki. Če bi uporabili te podatke nas poplave pred leti nebi presenetile.

Poplave 4-Aug-2023 so pokazale marsikaj, dobivamo tudi nove poplavne karte. Ne najdem pa celovite analize poplavnih dogodkov. V orkanu Katrin in poplavi V New Orleansu 29-Aug- 2005 je umrlo preko 3000 ljudi. Na forumu Haestad Methods, kjer so pisali strokovnjaki iz celega sveta je nekdo s psevdonimom Zeke več kot 24 h pred poplavo napovedal kaj se bo zgodilo. Po kritikah so forum zaprli za 3 tedne. Naslednje leto je US Army Corps of Engineers pripravil »Forenzično analizo« tega dogodka na 700 straneh.

Zanimiva je tudi poplava v Valenciji 29-Okt-2024 zaradi obsega padavin in posledic. Valencia ima povprečje manj kot 500 mm padavin letno. Lani je padlo v elipsi z osema 174/52 km (6370 km^2) več kot 300 mm in v notranji elipsi 54/20 km (850 km^2) več kot 500 mm padavin. Valencia je bila izven jedra naliva, zato verjetno reakcija ni bila optimalna. 2/3 od več milijardne škode je šlo za avtomobile. Letos so imeli ponovno velike poplave.

Kakorkoli v prihodnost nas čaka še veliko dela na tem področju, **kajti vremenske sprem**embe, zmogljivi superračunalniki, razvoj AI (nove metode optimizacije) nam omogočajo povsem nove pristope.

Viri

1. A Guide to Hydrologic Analysis using SCS Methods, Richard H.McQuen, University od Maryland
2. Urban Hydrology for small Watershed TR-55, USDA United States Department og Agriculture, NRSC National Resource Conservation Service (prej SCS)
3. Evaluation of Design Storms and Critical Rainfall Durations for Flood Prediction in Partially Urbanized Catchments, Nino Krvavica 1,2* in Josip Rubinic 1 , Univerza Rijeka
4. Arbeitsblatt DWA-A 118, Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwasserungssystemen, Martz 2006
5. Hidrološka hidravlična presoja osrednjega dela občine Logatec, URBANIJA d.o.o. Peter Lovšin udia.
6. Študija o možnosti izgradnje akumulacije na potoku Reki, Splošna Vodna Skupnost Ljubljanica-Sava, projektant Tanja Dolenc udig, Feb-1975
7. Poplavna študija Log Dragomer 2008, 2015 2D, AquaData sp, Antončič Niko udig.
8. HEC-HMS, HEC-RAS, Hidrološki in Hidravlični software US Army Corps of Engineers

OKOLJSKA DNA (EDNA) JE UČINKOVITA METODA ZA MONITORING RIB IN ŠKOLJK V REKAH IN PRETOČNIH AKUMULACIJAH

prof. dr. Gorazd Urbanič, univ. dipl. biol.,
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, Jamnikarjeva 101, Ljubljana

viš. pred. dr. Maja Pavlin Urbanič, univ. dipl. biol.,
Inštitut URBANZERO, celovito upravljanje okolja, d.o.o., Selo pri Mirni 17, Mirna in
Visoka šola na Ptuju, Vičava 1, Ptuj

Povzetek

Podnebne spremembe in človekove dejavnosti vplivajo na vodne ekosisteme, zato je pomembno spremljati stanje in poznati vpliv sprememb na vodne organizme. Še pomembneje je to v vodnih telesih na katerih je prisotna raba voda in jih aktivno upravljamo. Pogosto se uporabljajo tradicionalne metode spremljanja stanja vodnih ekosistemov, ki so osnovane na lovljenju živali, le te pa pogosto predstavljajo izziv, saj so lahko zahtevne za izvajanje ali pa z njimi pridobimo samo del potrebne informacije. Pridobitev podatkov o pestrosti rib in školjk v globokih rekah in pretočnih akumulacijah predstavlja izziv. Ugotovljeno je bilo, da številne metode, ki se pogosto uporabljajo, niso zadostne za ugotavljanje številčnosti redkih in migrirajočih vrst rib. Vsako naravno okolje nosi informacijo vseh organizmov, ki v tem okolju živijo, kar imenujemo okoljska DNA ali krajše eDNA. Nedavni tehnološki napredek je zagotovil orodje za odkrivanje vrst, z uporabo DNA, ki je prisotna v vodnem okolju. Iz e-DNA lahko ugotavljamo vrstno sestavo izbranega okolja, nedavno pa so razvili tudi metodo za ugotavljanje količine rib in školjk. Na območju spodnje Save smo preverili uporabnost metode eDNA za spremljanje pestrosti in številčnosti rib in školjk v rekah in pretočnih akumulacijah. Ugotavljamo, da ocena prostorske razširjenosti vrst rib in školjk na podlagi uporabljene analize e-DNA lahko pripomore k izboljšanju spremljanja stanja okolja in prispeva k boljšemu upravljanju in odločitvam pripravljavcev politik. V nasprotju s klasičnimi metodami spremljanja stanja, metoda e-DNA ni invazivna – noben organizem ni ujet ali ubit med spremljanjem stanja, prav tako pa je zmanjšano tveganje za nenamerno razširjanje tujerodnih vrst in bolezni. Uporabljena metoda eDNA je dovolj napredna za monitoring združb rib in školjk in lahko nadomesti bolj invazivne tradicionalne metode. S tem monitoringom se bo pridobilo najnovejše podatke o prisotnosti in stanju posameznih vrst rib in školjk ter s tem nadgradilo dosedanje monitoringe ter lahko zagotovilo ustreznejše upravljanje rek in pretočnih akumulacij.

Uvod

Podnebne spremembe in človekove dejavnosti vplivajo na vodne ekosisteme, zato je pomembno spremljati stanje in poznati vpliv sprememb na vodne organizme. Še pomembneje je to v vodnih telesih na katerih je prisotna raba voda in jih aktivno upravljamo. Pogosto se uporabljajo tradicionalne metode spremljanja stanja voda, ki so osnovane na lovljenju živali, le te pa pogosto predstavljajo izziv, saj so lahko zahtevne za izvajanje ali pa z njimi pridobimo samo del potrebne informacije. Pridobitev podatkov o pestrosti rib in školjk v globokih rekah in pretočnih akumulacijah predstavlja izziv. Ugotovljeno je bilo, da številne metode, ki se pogosto uporabljajo za vzorčenje rib v globokih rekah in pretočnih akumulacijah, niso zadostne za ugotavljanje prisotnosti in/ali številčnosti redkih in migrirajočih vrst rib (Zajicek in Wolter 2018, Urbanič in sod. 2023).

Vsako naravno okolje nosi informacijo vseh organizmov, ki v tem okolju živijo, kar imenujemo okoljska DNA ali krajše eDNA. Nedavni tehnološki napredek je zagotovil orodje za odkrivanje vrst z uporabo DNA, ki je prisotna v vodnem okolju (Taberlet et al. 2012). Iz eDNA lahko ugotavljamo vrstno sestavo izbranega okolja, v primeru rib in školjk pa tudi njihovo količino (Pont in sod. 2018, 2023), Prie in sod. 2020).

Na območju spodnje Save smo preverili uporabnost metode eDNA za spremljanje pestrosti in količine rib in školjk v rekah in pretočnih akumulacijah. Ugotavljamo, da ocena prostorske razširjenosti vrst rib in školjk na podlagi uporabljene analize e-DNA lahko pripomore k izboljšanju spremljanja stanja okolja in prispeva k boljšemu upravljanju in odločitvam pripravljavcev politik. V nasprotju s klasičnimi metodami spremljanja stanja, metoda e-DNA ni invazivna – noben organizem ni ujet ali ubit med spremljanjem stanja, prav tako pa je zmanjšano tveganje za nenamerno razširjanje tujerodnih vrst in bolezni. Uporabljena metoda eDNA je dovolj napredna za monitoring združb rib in školjk in lahko nadomesti bolj invazivne tradicionalne metode. S tem monitoringom se bo pridobilo najnovejše podatke o prisotnosti in stanju posameznih vrst rib in školjk ter s tem nadgradilo dosedanje monitoringe ter lahko zagotovilo ustreznejše upravljanje rek in pretočnih akumulacij.

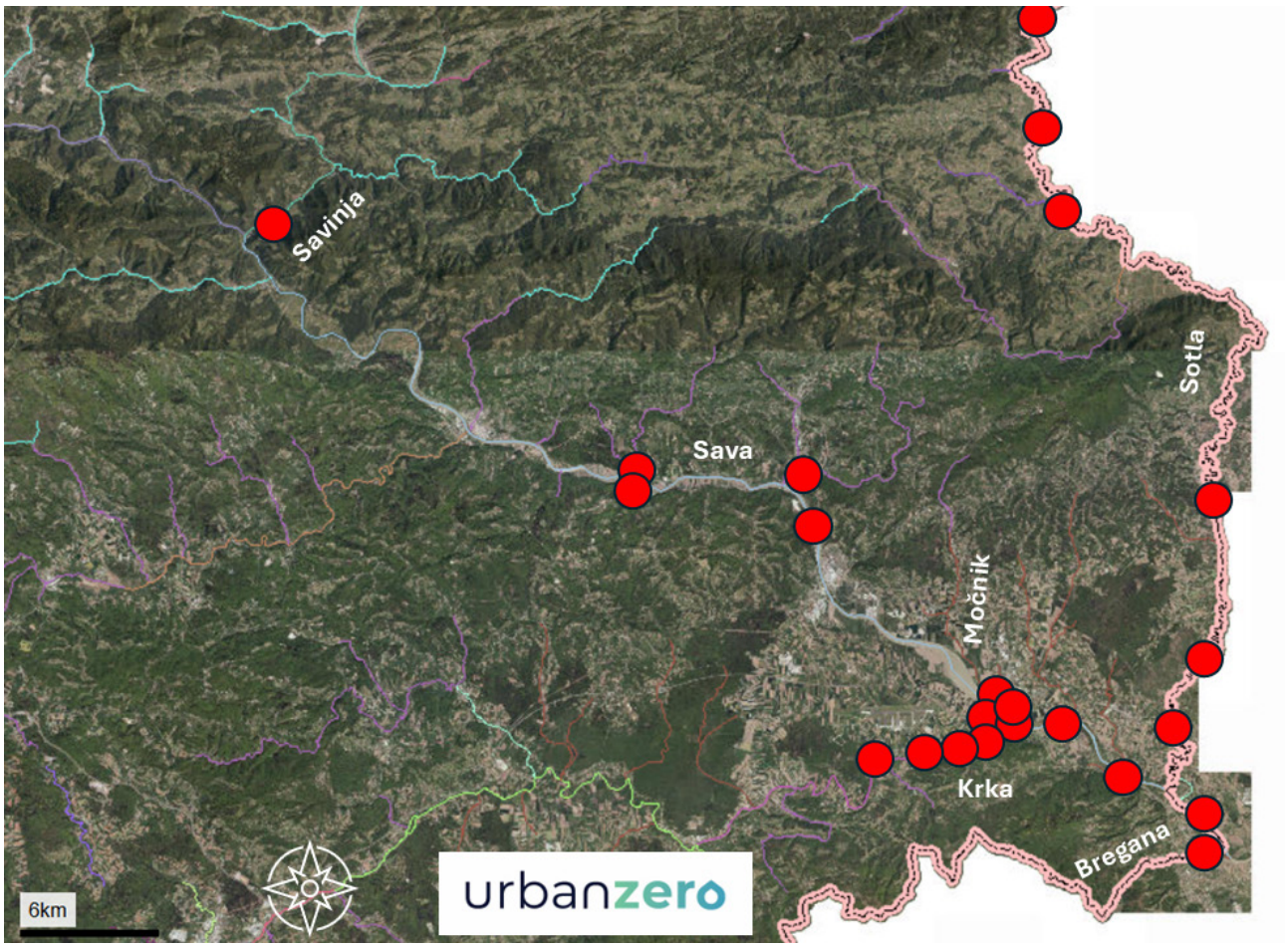
Vsebina

Metoda

Vzorčenje vode za pridobitev okoljske DNA smo izvedli na 23 vzorčnih mestih na Savinji in odseku porečja spodnja Sava (slika 1, tabela 1). Vzorčenje eDNA smo izvedli v juliju 2024 (slika 2). Za pridobitev eDNA smo izvedli protokol vzorčenja vode z uporabo vampirskega vzorčevalnika (Bürkle GmbH), filtrirne kapsule AcroPak 500 0,8/0,45 µm (Pall Corporation) in sterilne cevke za

Tabela 1. Seznam vzorčnih mest za vzorčenje eDNA za ugotavljanje prisotnosti rib in školjk na Savinji in odseku porečja spodnja Sava.

ZŠ	Vodotok	Kraj
1	akumulacija HE Krško-ribja steza HE Arto-Blanca	Arto
2	akumulacija HE Krško	Blanca, koren akumulacije - dolvodno od pregrade HE Arto Blanca
3	Brestanica	Brestanica, pred sotočjem z akumulacijo HE Krško
4	akumulacija HE Brežice	Krško, koren akumulacije - dolvodno od pregrade HE Krško
5	ribja steza akumulacije HE Brežice	Brežice
6	drenažni jarek akumulacije HE Brežice	Krška vas, ob desnem bregu
7	Močnik	Brežice, pred sotočjem s Savo
8	Sava	Brežice, pod mostom čez reko Savo
9	Krka	Cerklje na Dolenjskem
10	Krka	Boršt
11	Krka	Krška vas
12	Krka	Na Griču
13	Sava	Mostec
14	Sava	Podgračeno
15	Sotla	Podčetrtek
16	Sotla	Imeno
17	Sotla	Bistrica
18	Sotla	Nova vas ob Sotli
19	Sotla	Rakovec
20	Sotla	Rigonce
21	Sava	Jesenice na Dolenjskem
22	Bregana	Slovenska vas (Obrežje)
23	Savinja	Veliko Širje



Slika 1. Območje raziskav rib in školjk na odseku porečja spodnja Sava z označenimi mesti vzorčenja okoljske DNA (eDNA).

enkratno uporabo. Za vsak vzorec smo 30 minut ali do popolne nasičenosti filtrirne kapsule (25-30 minut) filtrirali vodo s pomočjo vampirskega vzorčevalnika. Količine prefiltrirane vode iz vsakega vzorčnega mesta so lahko različne, saj so odvisne od časa filtriranja, posredno pa od motnosti vode, in znašajo 1 L vode /minuto filtriranja oziroma so ocenjene na 30 L v dobrih razmerah. V večini primerov smo filtriranje izvajali 30 minut. Po zaključku filtriranja smo filtrirno kapsulo izpraznili s filtriranjem zraka, kapsulo pa napolnili z 80 ml pufra CL1 (SPYGEN) in shranili pri sobni temperaturi do ekstrakcije. Način vzorčenja je bil prilagojen razmeram na terenu, predvsem globini vode in hitrosti vodnega toka. Na vsakem vzorčnem mestu smo izvedli dve ponovitvi filtracije vode, kar pomeni, da smo delali v paralelkah. Vzorčenje smo izvedli v paralelkah, ker so Pont in sodelavci (2018) ugotovili, da sta bili dve ponovitvi dovolj za ugotovitev 96,9 % ribjih vrst v reki Rhone v Franciji.



Slika 2. Vzorčenje okoljske DNA (eDNA) (foto: M. Pavlin Urbanič)

Za pridobitev podatkov o prisotnosti DNA vodnih organizmov na podlagi eDNA s pomočjo verižne reakcije s polimerazo (PCR) smo v laboratoriju izvedli več korakov: ekstrahiranje DNA, pomnoževanje DNA (amplifikacija DNA) in sekvenciranje izbranih območij (tarčnih genov) DNA. Ekstrahiranja DNA so bila izvedena v sobi, namenjeni redki ali degradirani DNA. DNA smo pomnožili z uporabo para univerzalnih primerjev za ribe in školjke. Nato smo izvedli sekvenciranje nove generacije z zahtevano globino sekvenciranja 500.000 sekvenc za ribe in 300.000 sekvenc za školjke (za vsak par primerjev, Unio in Vene), po standardnih protokolih (Prié in sod. 2021, Valentini in sod. 2016). Na vsaki stopnji protokola so bile poleg vzorcev analizirane negativne kontrole, da bi preverili čistost uporabljenega potrošnega materiala in odkrili morebitno navzkrižno kontaminacijo med ravnanjem. Najprej je bilo izvedeno ekstrahiranje, ki mu je sledilo pomnoževanje DNA, z uporabo para

specifičnih primerjev za ribe in školjke (Unionidae in Veneridae). Pomnoževanju je sledilo sekvenciranje pomnoženih fragmentov eDNA z uporabo sekvenciranja nove generacije in izvedba PCR v realnem času (qPCR) za kvantifikacijo podatkov. Dobljene sekvence smo v kabinetu analizirali z bioinformatskimi orodji, da smo odpravili napake zaradi pomnoževanja ali sekvenciranja (z uporabo različnih filtrov) in primerjali vsako sekvenco z referenčnima bazama podatkov SPYGEN® in GenBank® (različica 247). Pri latinskem poimenovanju vrst rib smo sledili delom Kottelat in Freyhof (2007). Vrste, ki so imele identična zaporedja DNA v pregledani regiji DNA, zaradi česar jih ni mogoče razlikovati, smo identificirali z rodom ali višjo taksonomsko skupino. Za vrste, ki so imele identična zaporedja smo preverili ali se pojavljajao v porečju Donave in Save (Kottelat in Freyhoff 2007), in na območju spodnje Save (Podgornik in sod. 2008, Vucić in sod. 2017, Podgornik in sod. 2020, Urbanič in sod. 2023, Zabric in sod. 2020). Pridobljene podatke o abundancah smo izrazili kot koncentracijo eDNA v vodi (št. kopij DNA/L). Podatke smo predstavili po vzorčnih mestih in tudi skupinah vzorčnih mest (šest skupin). V skupino pritoki smo uvrstili manjše in hitrotekoče pritoke (Savinja, Brestanica, Močnik in Bregana), v skupino pretočna akumulacija smo združili vzorčna mesta na območju pretočnih akumulacij vključno z ribjimi stezami in drenažnim jarkom, posamezno skupino pa so predstavljala tudi vzorčna mesta na reki Savi, Krki oziroma Sotli. Med skupinami vzorčnih mest smo primerjali število taksonov rib in njihovo številčnost. Izvedli smo Kruskal-Wallis test z Dunn-ovim post-hoc testom. Uporabili smo programsko orodje PAST 2.5 (Hammer in sod. 2001).

Rezultati

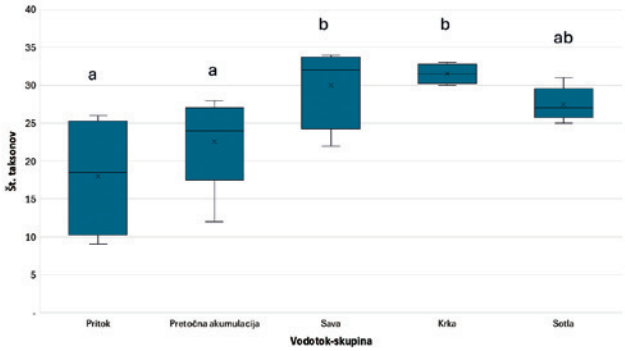
Na podlagi izvedenih analiz smo na 23 vzorčnih mestih odseka spodnje Save s pritoki z metodo eDNA ugotovili 54 taksonov rib. Šest taksonov rib (sardela, sardoni oz. inčuni, skuša, bukva in orada), ki smo jih ugotovili, živijo v morju in so verjetno posledica človekovega prehranjevanja v porečju spodnje Save z morskimi ribami. Skupaj smo zabeležili 48 sladkovodnih taksonov rib, od tega 41 vrst in sedem nižjih taksonov (tabela 2). Na vzorčnih mestih smo ugotovili med 9 in 34 sladkovodnih taksonov rib (slika 3). Število taksonov rib se je razlikovalo med skupinami vodotokov (Kruskal-Wallis test, H =12,29, p< 0,05). Na vzorčnih odsekih reke Save in Krke smo ugotovili večje število taksonov kot na vzorčnih mestih pritokov in vzorčnih mest pretočnih akumulacij (Dunn-ov post-hoc test, p<0.05), medtem ko se v Sotli vrednosti števila taksonov niso razlikovale od ostalih skupin vodotokov (Dunn-ov post-hoc test, p>0.05).

Tabela 2. Seznam ugotovljenih sladkovodnih rib po skupinah vzorčnih mest spodnje Save z uporabo metode eDNA.

Takson-slovensko ime/skupina vzorčnih mest	Pritok	Pretočna akumulacija	Sava	Krka	Sotla
sibirski jeseter*				1	
sončni ostriž*	1	1	1	1	1
pezdirk[1]	1	1	1	1	1
velika nežica[1]	1		1	1	1
navadna nežica[1]	1	1	1	1	1
Cobitis taenia[1]					1
činklja[1]					1
zlata nežica[1]	1	1	1	1	1
mrena	1	1	1	1	1
pohra[1]	1	1	1	1	1
srebrni koreselj oz. babuška*	1	1	1		1
podust/blistavec[1]	1	1	1	1	1
krap	1	1	1	1	1
globoček (beloplavuti[1]/navadni)	1	1	1	1	1
Gobio sp.					1
psevdorazbora*	1	1	1	1	1
Keslerjev globoček[1]			1	1	1
zvezdogled[1]	1	1	1		
ploščič	1	1	1	1	1
pisanka	1	1	1	1	1
Alburnus sp.		1	1	1	1
zelenika	1	1	1	1	1
črnooka/androga / ogrica	1				
bolen[1]	1	1	1	1	1
jez/ klenič		1			1
pisanec	1	1		1	1
rdečeoka	1	1	1	1	1
platnica[1]	1	1	1	1	1
rdečeperka	1				1
klen	1	1	1	1	1
babica	1	1	1	1	1
linj		1	1	1	
srebrni tolstolobik*	1	1	1	1	1
ščuka	1	1	1	1	1
barjanski kapelj[1]	1	1	1	1	1
navadni okun	1	1	1	1	1
ostriž	1	1	1	1	1
smuč	1	1	1		1
upiravec[1]		1	1		1
sulec[1]	1			1	
losos grbavec*	1	1	1	1	
šarenka*	1	1	1	1	1
potočna postrv	1	1	1	1	1
zlatovčica*			1	1	
afriški som*				1	
črni ameriški somič*	1				1
rjavi ameriški somič*					1
som	1	1	1	1	1

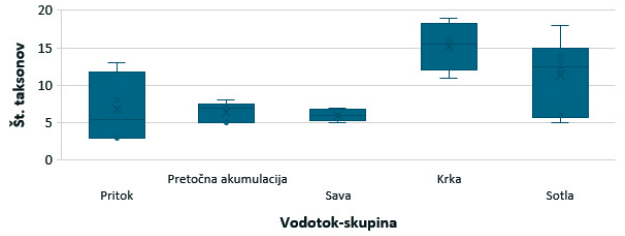
[1]Habitatna direktiva (Natura 2000)
*- vrsta je tujerodna v porečju Save

Na posameznem vzorčnem mestu smo ugotovili v povprečju 3371 kopij DNA/L z razponom med 497 DNA/L (Bregana) in 22458 DNA/L (Brestanica). Največjo variabilnost v količini DNA rib smo ugotovili v pritokih, kar je odraz pritokov z različnimi hidromorfološkimi značilnostmi. Med skupinami vzorčnih mest (vodotok-skupina) nismo ugotovili statistično značilno različnih količin eDNA (Kruskal-Wallis test, H =4,83, p> 0,05).



Slika 3. Ponazoritev razpršenosti števila taksonov sladkovodnih rib po skupinah vzorčnih mest. Za izbrano vodotok-skupino se grafikoni kvartilov z različnimi črkami bistveno razlikujejo (Dunn-ov post hoc test, p < 0,05).

Na podlagi analiz smo na 23 vzorčnih mestih odseka spodnje Save s pritoki z metodo eDNA ugotovili 27 taksonov školjk (slika 4). V družini Unionidae smo ugotovili sedem domorodnmih vrst školjk (*Unio crassus, U. nanus, U. vicarius, U. pictorum*, *Anodonta anatina*, *A. cygnea*, *Pseudanodonta complanata*) in eno tujerodno vrsto – kitajsko brezzobko (*Sinanodonta woodiana*). Vrste družine Unionidae so bile prisotne na vseh vzorčnih mestih razen v Bregani in drenažnem jarku HE Brežice. Od tujerodnih vrst smo ugotovili še vrsti *Dreissena polymorpha* in *Corbicula* sp. Ugotovili smo tudi 18 taksonov iz družine Sphaeridae. Na vzorčnih mestih smo ugotovili med 3 (Bregana, Savinja) in 19 (Krka, Cerklje ob Krki) taksonov školjk. V povprečju smo ugotovili 5526 kopij DNA/L z razponom med 5 (Bregana) in 34354 (ribja steza HE Brežice).



Slika 4. Ponazoritev razpršenosti števila taksonov školjk po skupinah vzorčnih mest.

Razprava

Taksonomski popisi in ocena prostorske razširjenosti vrst na podlagi analize eDNA lahko pripomore k izboljšanju spremljanja stanja okolja in prispeva k boljšemu upravljanju in odločitvam pripravljavcev politik (Kelly et al. 2014a; Thomsen in Willerslev 2015). Nedavno so razvili nadgradnjo metode na podlagi katere lahko ugotavljamo količino rib in školjk v vodnem telesu (Pont in sod. 2018, 2023, Prie in sod. 2020). V nasprotju s klasičnimi metodami spremljanja stanja, metoda eDNA ni invazivna – noben organizem ni ujet, vznemirjen ali ubit med spremljanjem stanja, prav tako pa je zmanjšano tveganje za nenamerno razširjanje tujerodnih vrst in bolezni. Na splošno, z uporabo metod eDNA za ugotavljanje prisotnosti vrst, so ugotovili večjo sposobnost ugotavljanja vrst v primerjavi s klasičnimi pristopi, prav tako so stroškovno učinkovitejše v primerjavi s tradicionalnimi metodami (npr. Darling & Mahon 2011; Dejean et al. 2012). Keck in sod. (2022) so nedavno ugotovili, da so dosedanje metode eDNA dovolj napredne za preučevanje sestava ribjih združb in lahko nadomestijo bolj invazivne tradicionalne metode. V primeru akumulacij in globokih rek na spodnji Savi smo ugotovili relativno veliko število taksonov rib in školjk. Nekaterih vrst rib se na podlagi uporabljenih primerjev ne da razlikovati, kar zahteva dodatne raziskave. Ugotovljenih pa je bilo tudi nekaj taksonov rib, ki nakazujejo na genetsko variabilnost ali prisotnost drugih vrst. Za bentoške nevretenčarje je bilo, da z uporabo eDNA dobimo komplementarne in ne enake ocene v primerjavi s tradicionalnimi morfološkimi pristopi. Glede na to, da je nekatere vrste školjk npr. vrste iz skupine navadni škržek (skupina *Unio crassus*), ki je Natura 2000 vrsta, težko ločit na podlagi morfoloških znakov (Lopes-Lima in sod. 2024), je vrednotenje z uporabo eDNA lahko ustreznejša metoda za ugotavljanje značilnosti združbe sladkovodnih školjk, saj smo v naši raziskavi odkrili tri vrste te skupine. Upoštevajoč razvoj naprednih metodologij na področju ihtiologije in raziskav sladkovodnih školjk v svetu, se bo z uporabo eDNA za spremljanje stanja - monitoring pridobilo najnovejše podatke o prisotnosti in stanju posameznih vrst vodnih organizmov ter s tem nadgradilo dosedanje monitoringe.

Zaključek

Ugotavljamo, da ocena prostorske razširjenosti vrst rib in školjk na podlagi uporabljene analize eDNA lahko pripomore k izboljšanju spremljanja stanja voda in prispeva k boljšemu upravljanju in odločitvam pripravljavcev politik. V nasprotju s klasičnimi metodami spremljanja stanja, metoda eDNA ni invazivna – noben organizem ni ujet ali ubit med spremljanjem stanja, prav tako pa je zmanjšano tveganje za nenamerno razširjanje tujerodnih vrst in bolezni. Uporabljena metoda eDNA je dovolj napredna za monitoring združb rib in školjk in lahko nadomesti bolj invazivne tradicionalne metode. S tem monitoringom se bo pridobilo najnovejše podatke o prisotnosti in stanju posameznih vrst rib in školjk ter s tem nadgradilo dosedanje monitoringe stanja voda ter lahko zagotovilo ustreznejše upravljanje rek in pretočnih akumulacij.

Citati

Darling JA, Mahon AR (2011). From molecules to management: adopting DNA-based methods for monitoring biological invasions in aquatic environments. Environmental Research, 111, 978–988.

Dejean T, Valentini A, Miquel C et al. (2012). Improved detection of an alien invasive species through environmental DNA barcoding: the example of the American bullfrog Lithobates catesbeianus. Journal of Applied Ecology, 49, 953–959.

Kelly RP, Port JA, Yamahara KM in sod. (2014). Harnessing DNA to improve environmental management. Science, 344, 1455–1456.

Podgornik S., Pliberšek K., Ramšak L., Jenič A., Puklavec D., Tavčar T., Pengal P., Petkovšek M., Humar G., Adič-Mravlje E. (2008). Monitoring populacij izbranih ciljnih vrst rib in piškurjev. Zavod za ribištvo Slovenije, Ljubljana-Šmartno, 140 str.

Podgornik S., Urbanič G., Pavlin Urbanič M. (2020). Ihtiološki monitoring pretočne akumulacije in pritokov HE Krško v letu 2020. NEPO INŽENIRING d.o.o., Celje, 182 str.

Pont, D., Rocle, M., Valentini, A., Civade, R., Jean, P., Maire, A., Roset, N., Schabuss, M., Zornig, H., & Dejean, T. (2018). Environmental DNA reveals quantitative patterns of fish biodiversity in large rivers despite its downstream transportation. Scientific Reports, 8(1), 10361. https://doi.org/10.1038/s41598-018-28424-8

Pont, D., Meulenbroek, P., Bammer, V., Dejean, T., Erős, T., Jean, P., Lenhardt, M., Nagel, C., Pekarik, L., Schabuss, M., Stoeckle, B. C., Stoica, E., Zornig, H., Weigand, A., & Valentini, A. (2023). Quantitative monitoring of diverse fish communities on a large scale combining eDNA metabarcoding and qPCR. Molecular Ecology Resources, 23, 396–409. https://doi.org/10.1111/1755-0998.13715

Prié, V., A. Valentini, M. Lopes-Lima, E. Froufe, M. Rocle, N. Poulet, P. Taberlet & T. Dejean, 2020. Environmental DNA metabarcoding for freshwater bivalves biodiversity assessment: methods and results for the Western Palearctic (European sub-region). Hydrobiologia 848, 2931–2950. DOI: 10.1007/s10750-020-04260-8

Taberlet P, Coissac E, Hajibabaei M, Rieseberg LH (2012). Environmental DNA. Molecular Ecology, 21, 1789–1793

Thomsen PF, Willerslev E (2015). Environmental DNA – an emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity. Biological Conservation, 183,4–18.

Urbanič G., Vidmar A., Kryžanowski A., Klun M., Rusjan S., Lebar K. (2023). Raziskava zvezdogleda in platnice na reki Savi in pritokih ter raziskava učinkovitosti ribjih stez/prehodov za vodne organizme na spodnji Savi. Končno poročilo raziskovalnega projekta št. V1-2142 v okviru Ciljnega raziskovalnega programa «CRP 2021». Gorazd Urbanič – zasebni raziskovalec, Mirna. https://gorazdurbanic.com/wp-content/uploads/2023/11/CRP_V1-2142_Urbanic-in-sod_porocilo_september2023.pdf

Vucić M., Sučić I., Jelić D. (2017). New distribution data for Alburnus sava Bogutskaya, Zupančič, Jelić, Diripasko & Naseka, 2017 and Telestes souffia (Risso, 1827) in the Western Balkans. Croatian Journal of Fisheries, accepted article, online first, 161-169.

Zabric D., Sotenšek B., Hamzić R. (2020). Ihtiološki pregled na HE Brežice v letu 2019 Monitoring prehoda za vodne organizme. Končno poročilo. Zavod za ribištvo Slovenije, 65 str. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MKGP/PODROCJA/RIBISTVO/Monitoring-prehodov-za-vodne-organizme-/IM_PzVO_HEBR_2019.pdf (pridobljeno 17.3.2023)

Zajicek P, Wolter C. (2018). The gain of additional sampling methods for the fish-based assessment of large rivers. Fisheries Research, 197: 15-24.

PREUSMERITEV POTOKA RAKOVNIK V SKLOPU SANACIJE ZAPRTEGA ODLAGALIŠČA NENEVARNIH ODPADKOV RAKOVNIK V OBČINI ŠMARTNO PRI LITIJI

mag. Tanja Bolte, generalna direktorica Direktorata za okolje,
Ministrstvo z okolje, podnebje in energijo, Direktorat za okolje, Langusova ulica 4, Ljubljana

Petra Dečman, univ. dipl. geogr.,
Ministrstvo z okolje, podnebje in energijo, Direktorat za okolje, Langusova ulica 4, Ljubljana

Povzetek

Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo je v sklopu uresničevanja strateških ciljev in ukrepov iz Resolucije o nacionalnem programu varstva okolja 2020–2030 v letu 2025 uspešno zaključilo sanacijo zaprtega odlagališča nenevarnih odpadkov Rakovnik v občini Šmartno pri Litiji.

V sklopu sanacije se je med drugim izvedla tudi preusmeritev potoka Rakovnik v novo, odprto strugo, saj je stara struga potoka (zacevitev/kineta) pred sanacijo potekala pod odlagališčem. Izdelana projektna dokumentacija za sanacijo odlagališča je zato vsebovala tudi vodnogospodarske ureditve, ki so bile v celoti tudi izvedene: ureditev trase prestavitve vodotoka vzdolž zahodne strani odlagališča, ureditev ceste in visokovodni nasip. Osrednji cilj sanacije oz. izvedbe vrste različnih posegov in ureditev na območju odlagališča, ki se ga je zasledovalo, je bila preprečitev izcejanja onesnaženih vod iz odlagališča v bližnje vodotoke in podzemlje ter hkrati tudi preprečitev napajanja drenažnega sistema odlagališča z vodami iz potoka Rakovnik.

Uvod

Namen sanacije zaprtega odlagališča Rakovnik je v prvi vrsti zmanjšati vpliv na okolje in zdravje ljudi. Sanacija degradiranih območji je ena od prioritetnih nalog ministrstva, pristojnega za okolje.

Priprava in izvedba sanacije zaprtega odlagališča nenevarnih odpadkov Rakovnik s preusmeritvijo potoka Rakovnik v novo strugo

Opis območja ter priprava na izvedbo posegov

Odlagališče nenevarnih odpadkov (nekdanje odlagališče Industrije usnja Vrhnika – IUV) Rakovnik se nahaja cca. 1 km jugozahodno od Šmartnega pri Litiji, južno od naselja Zavrstnik oz. zahodno

od zaselka Grmače. Odlagališče je bilo formirano v grapi potoka Rakovnik, med hriboma Tičnica ter Veliki in Mali Puščavnik. Grapa se širi v smeri proti jugozahodu iz doline Reke, med Zavrstnikom in Šmartnim, je razmeroma široka in se proti jugozahodu razcepi v dva kraka (nadaljevanje Rakovnika in v Dolgo dolino), oba kraka se razcepita v več manjših grap, ki se proti koncu dvigajo do orografske razvodnice. Grapa je zapolnjena z aluvialnim zasipom potoka Rakovnik, ki ima hudourniški značaj. Največji vodotok na območju je reka Sava, ki teče približno 1,7 km severno od odlagališča. Okolica deponije je poraščena z gozdom ter je zaradi neprepustne podlage rahlo zamočvirjena. Okolica nad deponijo je nenaseljena, naseljeno je območje severno od deponije v dolini potoka Rakovnik, kjer prevladujejo travniki in pašniki, na katerih se pase živina.[1]

Na zaprtem odlagališču Rakovnik, kjer je IUV odlagala svoje odpadke, je bilo odloženo cca. 58.000 ton odpadkov iz IUV ter cca. 2.000 ton komunalnih odpadkov. Odpadki so bili klasificirani kot nenevarni. Zaradi neustreznega zajema izcednih vod in neustreznega pokrova odlagališča ter drugih pomanjkljivosti, kot so neizdelane bočne drenaže in drugo, je bilo obstoječe odlagališče vir določenih emisij v okolje (predvsem vonj in izcedne vode)[2], zato je bilo potrebno pristopiti k sanaciji, to je izvedbi različnih ukrepov za odpravo prekomernih obremenitev okolja.

V sklopu priprav – študij izvedljivosti ter tehničnih osnutkov za izvedbo odprave negativnih vplivov na okolje je bila predlagana možnost spremembe trase potoka Rakovnik, ki je potekala v zacevitvi pod telesom odlagališča in je napajala z vodo tudi samo telo odlagališča.

Zacevitev potoka Rakovnik je bila izvedena leta 1988. Glede na velikost prispevnih površin (A = 1,64 km2) in povprečne letne višine padavin (1235 mm) je bila ocenjena stoletna voda Q100 = 8,06 m3/s. Gorvodno od vtočnega objekta je bil izveden trapezni prerez v dolžini 30 m, širine pri dnu 1,5 m in z brežinami v nagibu 1:1,5



Slika 1: Fotografija vtoka potoka Rakovnik pod telo odlagališča

1 Zavod za zdravstveno varstvo Novo mesto, Sanitarno-kemični laboratorij, 2013, str. 11

2 RCI – Razvojni center Inženiringi Celje, d.o.o., 2023, str. 1, 3

do kote terena. Pred vtokom v cev je bil izveden peskolov dolžine 4 m, širine 2 m in višine 2,4 m in debeline sten 25 cm. Na vtoku so bile grablje za lovljenje plavin. Zacevitev je bila izvedena na dolžini 230 m, s polaganjem betonskih cevi ϕ 140 cm, po trasi stare struge potoka. Generalni padec je cca. 2,5 %. Cevi so bile položene na betonsko posteljico, stiki med cevmi naj bi bili tesnjeni s cementno malto ter obdelani s hladnim bitumenskim premazom, na katerega se je privaril izotekt. Ob betonski cevi sta bili levo in desno položeni drenažni cevi ϕ 125 mm na glineno posteljico in zasuti z gramozom. Glede na ocenjene merodajne padavine je bilo ugotovljeno, da je pretočni prerez kanala ustrezen. Ključna težava pa je bila, da stanje kanala (tesnitev, deformacije, poškodbe na betonskih ceveh) niso bili znani, zaradi lomljenega poteka trase in ob dejstvu, da ni kontrolnih jaškov, pa so bile možnosti vzdrževanja oz. vzpostavitve dobrega obratovalnega stanja z rekonstrukcijo kanala, relativno majhne. Na terenskem ogledu je bilo ugotovljeno, da drenaže za izcedne vode ne delujejo, saj so bili na zahodni in severni brežini odlagališča vidni izviri izcedne vode. Sledovi izcedne vode so bili vidni tudi v odprtem zemeljskem jarku med cesto in zahodnim zalednim pobočjem.[3]

Po opravljenem pregledu v letu 2022 se je ugotovilo, da so vzdolž celotnega poteka kinete prisotne diskontinuitete na cevi. Ugotovljeno je bilo, da se razpoke v večini pojavljajo na delovnih stikih med cevmi, ki so sicer zapolnjeni s cementno maso, vendar skozi njih še zmerom doteka voda. Ker se kineta nahaja pod odlagališčem, se v cev precejajo izcedne in občasno tudi podzemne vode pomešane z izcedno.[4]

V nadaljevanju se je na podlagi analiz ter v sklopu izdelave projektne in investicijske dokumentacije kot ustrezna rešitev izoblikovala sanacija odlagališča na način delne oz. skoraj popolne zatesnitve odlagališča (inkapsuliranje) z zagotovitvijo naslednjih nujnih ukrepov:
- zagotovitev tesnosti pokrova – novi pokrov odlagališča,
- izoliranje/izločitev potoka Rakovnik,
- zajem izcednih voda na zahodnem boku odlagališča,
- preprečitev spiranja deponijskega telesa s podzemnimi vodami,
- preprečitev poplavljanja odlagališča.

Ti ukrepi naj bi zagotovili, da se bo:
- zmanjšalo pronicanje padavinskih voda skozi pokrov odlagališča (novi pokrov),
- zmanjšalo precejanje podtalne vode skozi deponijo (tesnilna zavesa – jug),
- povečal zajem izcednih voda z novimi talnimi in bočnimi drenažami,
- onemogočil stik s potokom Rakovnik.[5]

Projektne rešitve ter izvedba vodnogospodarskih ureditev

V projektni dokumentaciji PZI je bila v okviru Načrta gradbeništva – Načrta vodnogospodarskih ureditev obdelana rešitev prestavitve potoka mimo deponije ob skrajnem levem robu doline, ob obstoječi gozdni cesti. Z načrtovanimi ureditvami se tako ukinja daljši zacevljeni odsek in vzpostavlja odprta struga potoka Rakovnik, kar v smislu tč. 3, 37. člena Zakona o vodah (ZV-1), predstavlja izboljšanje hidromorfološkega stanja, hkrati pa celoten projekt predstavlja gradnjo objektov, namenjenih varstvu voda pred onesnaženjem v smislu tč. 6 istega člena ZV-1. Ocenjeno je bilo, da bodo omenjene rešitve ugodno vplivale na razmere na degradiranem območju odlagališča.

V sklopu ureditev je bila predvidena prestavitev vodotoka Rakovnik od km 0+680.00 km do km 1+180.00 v skupni dolžini 500 m. Prestavitev je zajemala erozijsko zaščito brežin z izvedbo ustreznega pretočnega profila in izvedbo prepustov na mestih križanja z gozdno cesto in obstoječimi dostopnimi potmi.

Visokovodni nasip za zadrževanje poplavnih voda, ki bo preprečeval razlivanje poplavnih voda Q500 na odlagališče, je bil predviden na gorvodni strani odlagališča v dolžini 49 m. Predvideno je bilo, da bo prek krone nasipa potekala tudi korigirana niveleta gozdne poti – ceste 044501. V sklopu ureditev je bila predvidena tudi rekonstrukcija gozdne ceste. Zaradi izvedbe visokovodnega nasipa je bilo potrebno korigirati obstoječo niveleto za ustrezno navezavo na obstoječe stanje. Ureditev ceste z nadvišano niveleto je bila predvidena v dolžini dobrih 385 m.[6]

Projektanti so traso prestavljenega vodotoka prilagajali obstoječi gozdni cesti in splošni konfiguraciji terena ter upoštevali tudi prostorske omejitve.

Prestavitev vodotoka Rakovnik je po projektu zajemala izvedbo ustrezno dimenzioniranega korita za prevajanje vod s povratno dobo 500 let. Za ustrezno svetlo odprtino je bilo določeno, da mora biti struga v dnu širine 2,0 m. Niveleta struge je pod spremenljivim vzdolžnim naklonom med 1,0

3 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2017, str. 11 in 12

4 Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., 2023, PZI, str. 28

5 RCI – Razvojni center Inženiringi Celje, d.o.o., 2023, str. 3

6 Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., 2023, PZI – Načrt vodnogospodarskih ureditev, str. 3

in 6,9 %. Obojestransko sta bila na celotnem odseku urejanja, zaradi prostorskih omejitev in naklonov, predvidena zavarovanja brežin s kamnom v betonu. Zgolj na ta način je bilo možno zagotoviti ustrezno stabilnost hribine ob predpostavki vgradnje PEHD tesnilne folije pod zavarovanje.

Predvideno je bilo, da se zavarovanja izvede s poglobljenimi fugami. Leva brežina proti pobočju je izvedena v naklonu 1:1 do višine min. 2,2 m, desna proti gozdni cesti pa v naklonu 5:1 do višine 2,2 m. Predvideno je bilo, da se pete zavarovanj izvedejo pod dno nivelete vsaj 1,0 m za kamnito betonsko zavarovanje proti gozdni cesti in za zavarovanje proti brežini.

Na območju večjega vkopa je bila predvidena izvedba terasasta brežine.

Odsek prestavljene struge 2 x preči gozdno cesto in 2 x gozdni vlaki. Območja prečenja so izvedena s prepusti iz prefabriciranih škatlastih elementov notranjih svetlih dimenzij 2,0 x 2,0 m dolžine 1,0 m. Niveleta struge je na celotnem območju urejanja proierozijsko zavarovana s samicami karbonata, položenega v beton. Na območju večjih vzdolžnih naklonov se je niveleta dodatno stabilizirala s stopenjskimi pragovi (stopnje 50 cm), ki služijo kot umirjevalec vodnega toka, saj se na vodnem skoku disipira energija vode. Pretočni profil se na mestih odprte struge v zaprti del bistveno ni spreminjal in ostaja zvezen vzdolž celotne ureditve.

Od visokovodnega nasipa gorvodno pa do konca obdelave gozdne ceste je po desni strani vozišča proti brežini izveden 30,5 m jarek za odvod zalednih vod iz pobočja.[7]

V sklopu urejanja so bile projektne rešitve v zvezi s prestavitvijo potoka Rakovnik, ki se jih je zasledovalo, sledeče[8]:
– tesnenje struge z namenom, da se prepreči dotok onesanženih precjenih in zalednih voda iz



Slika 2: Fotografija izvajanja nove odprte struge potoka Rakovnik

7 Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., 2023, PZI – Načrt vodnogospodarskih ureditev, str. 5

8 Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., 2023, PZI – Načrt vodnogospodarskih ureditev, str. 5, 6 in 7

deponije v strugo prestavljenega potoka. Tesnenje predstavlja sekundarno zaščito v primeru odpovedi globoke drenaže. Hkrati tesnenje struge preprečuje pronicanje voda iz potoka proti drenažnemu sistemu deponije. Tesnenje struge vodotoka je bilo predvideno s PEHD folijo, ki se polaga na izkopano pripravljeno podlago, kamo se nasuje tanka plast cca 10 cm peščenega materiala 0-4 mm. Groba PEHD folija se obvezno z obeh strani obda z geosintetikom 500 g, ki je položen direktno na peščeno podlago in na PEHD folijo z zgornje strani. Sidranje nepropustne folije se po izkopni brežini izvede v dolžini vsaj 70 cm v horizontalo oz. rahlo navzdol. Dodatno se sidranje na konceh zagotovi z rebrasto armaturnimi kljukami premera 10 mm, ki so dolžine 50 cm in na konceh zavite. Območje sidranja se po položitvi folije v sendviču geosintetika zasuje z zemljino oz. betonom, da zagotavlja stabilnost folije in odpornost proti mehanskim poškodbam. Vse neravnine in prehode se izvede v radiju min. 50 cm, da ne prihaja do ostrih robov, pri katerih se lahko PEHD folija poškoduje. Tesnenje na desni brežini se izvede do višine kamnitega ustroja ceste, na levi brežini, kjer je pobočje pa do višine cca 1,0 m nad dnom struge potoka;

- stabilizacija nivelete v dolžini 392.25 m na način, da se poveže kamnitobetonsko zavarovanje na levi brežini in kamnito betonski zid na desni strani predvidene ureditve. Na že pripravljeno tesnilno folijo obdano z geotekstilom in izravnalnim slojem peščenega sloja se začne graditi zavarovanje dna. Na dnu se najprej položi beton C20/25 v debelini cca 10 cm, kamor se vtisnejo armaturne mreže Q335. Mreže se obda z dodatnim slojem betona C20/25, kamor se nato vtisnejo samice karbonata deb. 0.60 – 0.80 m z izvedbo globokih fug v dnu, tako da beton ni viden. Širina dna znaša 2,0 m;
- kamnito betonski stopenjski prag (vsi stopnje 50 cm) iz lomljenca Dsr=0.60 – 0.80 m v betonu C20/25 v razmerju 60/40. Stopnja se izvede v širini 2.00 m in se temelji do 1.50 m pod niveto. Prag se oblikuje rahlo ločno v tlorisu in skledasto v prerezu. Za prehod vodnih organizmov in koncentracijo nizkih pretokov se na sredini pragu izvede 30 cm ponižanje pragu v širini 50 cm (izvedba fludra). V območju pragu je predvidena izvedba zavarovanj brežin s kamnom v betonu oz. kamnito betonskim zidom;
- zavarovanje s kamnito zložbo v betonu, ki se višinsko naveže na obstoječ teren (na raščeno



Slika 3: Perspektivna fotografija urejanja območja zaprtega odlagališča nenevarnih odpadkov Rakovnik z novo, odprto strugo potoka Rakovnik (desno od telesa odlagališča)

brežino ali na obstoječe zavarovanje oziroma most), izvedejo se globoke fuge - polaganje kamna na beton, katere se zapolnijo z zemljo in zatravijo. Da se prepreči erozijske poškodbe, se stiki ročno obdelajo s cementno malto. Za odvajanje zaledne vode, se v brežine vgradijo izcednice;
- zavarovanje s kamnito zložbo v suho in kamnito-betonsko peto, ki se višinsko naveže na obstoječ teren;
- zavarovanje s kamnito-betonskim zidom na mestu med cesto in predvidenim dnom prestavljenega vodotoka;
- ureditev obstoječe trase kanaliziranega vodotoka od telesom odlagališča, ki se ohranja in bo deloval kot zbiralnik izcednih voda (velika drenažna AB cev, ϕ 140 cm). Pričakovane količine izcednih vod se bodo po izvedbi vseh ukrepov bistveno zmanjšale. Ker odstranitev cevovoda ni izvedljiva in ostaja v funkciji, se na vtočnem in iztočnem delu kanaliziranega odseka potoka Rakovnik izvedejo nekateri ukrepi predvsem za potrebe preusmeritve tistih izcednih voda, ki bodo tangirale na ta cevovod, hkrati pa se omogoči odzračevanje cevovoda in vstop za morebitna vzdrževalna dela (čiščenje) ter blindiranje cevovoda in izvedba ustreznih povezav z novim sistemom kanalizacije za izcedne vode s končnim iztokom v obstoječ AB bazen za izcedne vode.

Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo je sanacijo zaprtega odlagališča Rakovnik izvedbo – vzdrževalnih del z ukrepi za odpravo prekomernih obremenitev okolja pričelo izvajati oktobra 2024 (uvedba izvajalca v delo) in jo uspešno zaključilo konec septembra 2025. Sanacija odlagališča nenevarnih odpadkov na Rakovniku predstavlja pomemben mejnik pri varovanju okolja in zdravja ljudi.

Z izvedbo te zahtevne in dolgo pričakovane investicije smo naredili ključen korak k odpravi enega največjih okoljskih bremen v naši državi. Projekt ni pomemben le z vidika sanacije okoljsko degradiranega območja, temveč tudi kot dokaz, da z odgovornim pristopom, strokovnim znanjem in sodelovanjem lahko dosežemo pomembne premike v smeri trajnostnega razvoja.

Iskrena zahvala gre vsem, ki so s svojim znanjem, predanostjo in vztrajnostjo prispevali k pripravi in izvedbi tega projekta – od lokalne skupnosti, projektantov, izvajalcev, nadzornikov do vseh, ki so s svojo podporo omogočili, da je sanacija postala resničnost. Vaše delo je pomembno in cenjeno.

Zaključek

Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo je v mesecu septembru 2025 zaključilo sanacijo zaprtega odlagališča nenevarnih odpadkov Rakovnik v občini Šmartno pri Litiji. Posebej velja izpostaviti tehnično zahtevno, a izjemno pomembno rešitev – preusmeritev vodotoka v novo, varno strugo. Z načrtovanimi in izvedenimi ureditvami se je tako ukinil zacevljeni odsek potoka, ki je potekal pod odlagališčem in vzpostavila nova, odprta struga potoka Rakovnik v skupni dolžini 500 m. Ta ukrep je bil ključen za dolgoročno stabilnost območja in preprečevanje nadaljnjega širjenja onesnaženja.

Sanacija odlagališča na Rakovniku ni le gradbeni projekt – je izraz naše skupne odgovornosti do okolja, prihodnjih generacij in lokalne skupnosti.

Viri

Resolucija o Nacionalnem programu varstva okolja za obdobje 2020–2030 (ReNPVO20–30), Uradni list RS, št. 31/20 in 44/22 – ZVO-2.

Program ravnanja z odpadki in program preprečevanja odpadkov, št. 35405-17/2021-2550, april 2022.

Zavod za zdravstveno varstvo Novo mesto, Sanitarno-kemični laboratorij, 2013. Poročilo o obratovalnem monitoringu onesnaževanja podzemne vode ob odlagališču Rakovnik (odlagališče nenevarnih usnjarskih odpadkov IUV Rakovnik), številka 72-160/13.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 2017. Konceptualna idejna rešitev prilagoditve odlagališča Rakovnik današnjim predpisom v Sloveniji – Študija izvedljivosti (Analiza razpoložljivih podatkov, interpretacija geološko-geotehničnih razmer in stanja objektov, študija izvedljivosti sanacije s predlogom tehnične rešitve), Poročilo št. UL FGG, E-31-17, rev. 1.

Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., 2023. PZI Deponija Rakovnik – projekt vzdrževalnih del z ukrepi za odpravo prekomernih obremenitev, Načrt Gradbeništva, Načrt vodnogospodarskih ureditev, št. projekta 4199/22.

Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., 2023. PZI Odlagališče Rakovnik – projekt vzdrževalnih del z ukrepi za odpravo prekomernih obremenitev, št. projekta 4199/22, št. načrta 155/22-SS_PZI.

RCI – Razvojni center Inženiringi Celje, d.o.o., 2023. Investicijski program z analizo stroškov in koristi, Odlagališče Rakovnik – projekt vzdrževalnih del z ukrepi za odpravo prekomernih obremenitev, številka projekta 1459/2022_IP.

RAZVOJ METODOLOGIJE ZA OCENO PORUŠNIH MEHANIZMOV PREGRAD

assist. dr. Mateja Klun, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko, Hajdrihova 28, Ljubljana

izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko, Hajdrihova 28, Ljubljana

Povzetek

V prispevku so predstavljene ključne dejavnosti v okviru raziskovalnega projekta *Razvoj metodologije za oceno potencialnih porušnih mehanizmov in izdelava ocen kondicijskega stanja vodnogospodarskih pregradnih objektov* (akronim: MODERNISED). V Sloveniji imamo trenutno 71 hidrotehničnih objektov, ki so podvrženi posebnemu režimu obratovalne varnosti, od tega jih 43 izpolnjuje merila za velike pregrade, več kot 60 % pa jih je bilo zgrajenih pred letom 1980, kar pomeni povprečno starost nad 45 let. Čeprav se spremljanje pregrad izvaja redno, napredek strokovnega znanja od časa njihove gradnje poudarja potrebo po posodobljenih metodologijah, ki obravnavajo varnost pregrad celostno skozi njihov življenjski cikel. V sklopu projektnih aktivnosti je bila razvita celovita metodologija za identifikacijo možnih načinov porušitve ter za oceno konstrukcijske celovitosti pregrad, s čimer so bile zapolnjene pomembne vrzeli v obstoječih pristopih k zagotavljanju njihove varnosti. Z vidika trajnostnega in varnega upravljanja z vodnimi zadrževalniki je vključevanje sistematičnega spremljanja konstrukcijske varnosti v postopke obratovanja in vzdrževanja pregrad nujen korak naprej. Osrednji cilj projekta MODERNISED je prav razvoj in uveljavitev takšnega pristopa, ki omogoča pravočasno zaznavanje degradacijskih procesov in zmanjševanje tveganj za porušitve. Ker absolutne varnosti konstrukcij ni mogoče nikoli popolnoma zagotoviti, mora prepoznavanje značilnih načinov porušitve ter spremljanje zgodnjih kazalnikov njihovega nastanka postati temeljni element strokovne prakse na področju načrtovanja, nadzora in vzdrževanja pregrad v Sloveniji.

Uvod

Pregrade in zadrževalniki imajo ključno vlogo pri zagotavljanju vodnih virov, saj omogočajo shranjevanje in prerazporeditev vode v obdobjih pomanjkanja ter prinašajo številne koristi za družbo – med drugim oskrbo s pitno in tehnološko vodo, proizvodnjo električne energije, zaščito pred poplavami ter izvajanje ekoloških funkcij. Predstavljajo strateško pomembno infrastrukturo, zasnovano za delovanje skozi več desetletij, v posameznih primerih celo stoletij. Sčasoma pa so te konstrukcije podvržene spremembam zakonodaje in institucionalnih okvirov, lastniških razmerij in operativnih režimov, vplivom podnebnih sprememb ter napredku tehnologije in strokovnega znanja.

V Sloveniji je trenutno evidentiranih 43 velikih pregrad, ki ustrezajo definiciji Mednarodne komisije za velike pregrade (ICOLD). Sodobno obdobje gradnje pregrad pri nas se je začelo v začetku 20. stoletja, ob tem pa so pri nas ohranjene tudi starejše pregrade, Klavže, ki so bile zgrajene v 18. in 19. stoletju. Ti objekti, ki so nekoč bile del teh-

nične zgodovine idrijskega rudnika živega srebra, so danes vpisane na Unescov seznam svetovne dediščine. Najnovejša pregrada v Sloveniji je bila zgrajena leta 2022 in je namenjena protipoplavni zaščiti.

Povprečna starost sodobnih pregrad v Sloveniji znaša 47 let, njihova povprečna višina pa 28 metrov. Na nacionalni ravni se zato kaže nujna potreba po vzpostavitvi celovitega okvira, ki bo omogočal podaljševanje življenjske dobe pregrad in hkrati zagotavljal njihovo varno in zanesljivo obratovanje v prihodnjih desetletjih. Sodobni pristopi k zagotavljanju varnosti pregrad obravnavajo celoten življenjski cikel objekta in se ne osredotočajo zgolj na njegovo konstrukcijsko celovitost ter pomožne objekte, temveč tudi na varnost prebivalstva in infrastrukture ter na ekološke vplive na širšem vplivnem območju objekta.

Delo na raziskovalnem projektu MODERNISED, ki ga sofinancirata Slovenska agencija za raziskave in inovacije ter Ministrstvo za naravne vire in prostor, vodijo naslednji cilji: (1) analizirati trenutno stanje praks nadzora pregrad v Sloveniji;(2) razviti sistematičen nabor potencialnih porušnih mehanizmov za različne tipe pregrad;(3) oblikovati metodologijo za identifikacijo porušnih mehanizmov in spremljanje konstrukcijskega stanja pregrad; ter (4) izvesti pilotne primere in omogočiti prenos ter širšo uporabo razvite metodologije.

Pravilno obratovanje in ustrezno vzdrževanje sta ključna za izboljšanje stanja ter zagotavljanje varnega obratovanja pregrad. Ciljno upravljanje, pri katerem se obratovanje in vzdrževanje prilagajata dejanskemu stanju konstrukcije, lahko zmanjša stroške, podaljša življenjsko dobo objekta in ohrani zahtevano raven varnosti skozi celoten življenjski cikel. V Sloveniji pa prehod k spremljanju kondicijskega stanja pregrad in zagotavljanju njihove obratovalne varnosti, zahteva več vmesnih korakov, ki so neposredno naslovljeni v tem raziskovalnem projektu. Osrednji cilj projekta je razviti metodologijo za spremljanje stanja pregrad za potrebe upravljanja z vodami, utemeljeno na praktičnih izkušnjah, pregledu literature ter priznanih primerih dobre prakse.

Sistematični pregled znanstvene in tehnične literature je predstavljal temelj za opredelitev pridobljenih izkušenj in primerov dobrih praks po svetu (kot so ICOLD, 1996; 2016; 2022; 2022a). Prva faza projekta je obsegala celovit pregled strokovne in znanstvene literature, mednarodnih smernic ter ustreznih študij primerov. Cilj te faze je bil identificirati in kategorizirati potencialne porušne mehanizme za različne tipe pregrad, analizirati izkušnje iz preteklih popolnih in skorajšnjih porušitev ter zbrati najboljše prakse spremljanja in nadzorstva pregrad. Posebna pozornost je bila namenjena ne le praksam v razvitih državah, kjer je bila večina pregrad zgrajena v 20. stoletju, temveč tudi pristopom, razvitim v državah v razvoju, kjer so bile oblikovane učinkovite metode za pregled stanja objekta tudi ob omejeni dokumentaciji in pomanjkljivih podatkih o spremljanju.

Sočasno z mednarodnim pregledom je bila izvedena tudi ocena stanja pregrad v Sloveniji, ki je temeljila na rezultatih preteklih projektov, zlasti VODPREG-1 in VODPREG-2, izvedenih v letih 2012 in 2015. Glavni cilji teh projektov so bili vzpostavitev inventarja objektov, ocena njihovega stanja in razpoložljive dokumentacije, analiza znanih odpovedi ali nesreč na pregradah ter obravnava varnosti pregrad z vidika zaščite in upravljanja v izrednih razmerah.

Identifikacija potencialnih porušnih mehanizmov pregrad

Najpogostejši porušni mehanizmi za posamezni tip pregrade

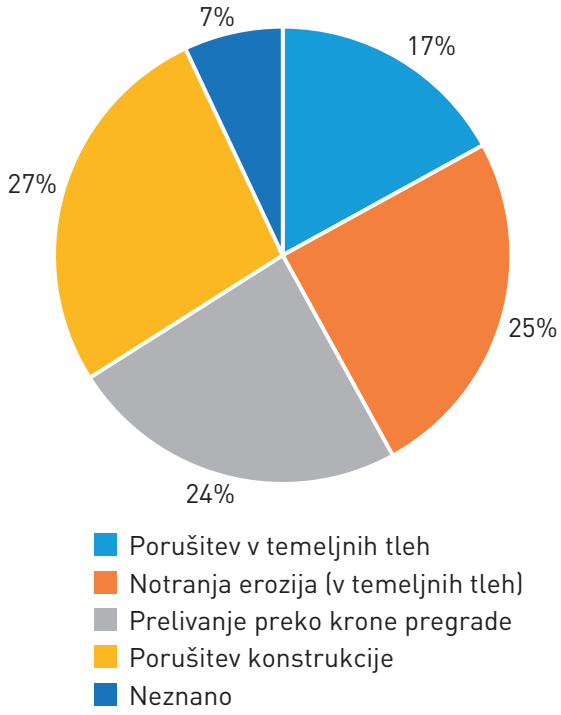
Tipični porušni mehanizmi betonskih in zidanih pregrad vseh tipov so povezani z konstrukcijsko odpovedjo in porušitvijo telesa pregrade (27 %), notranjo erozijo temeljnih tal (25 %), prelivanja preko krone pregrade in poškodb, ki pri tem nastanejo na objektu in temeljnih tleh pri dolvodni nožici pregrade (24 %) in odpovedjo temeljnih tal (17 %) (slika 1) (ICOLD, 2019).

Betonske težnostne pregrade so masivne konstrukcije, katerih stabilnost temelji predvsem na lastni teži. Njihov tipični prečni prerez je trapezne oblike, s široko peto in ozko krono na vrhu. Potencialni porušni mehanizmi v sistemu betonske pregrade se lahko razvijejo:

- v temeljnih tleh ali bokih pregrade, ter na stiku telesa pregrade z matično hribino;
- v telesu pregrade;
- na mestu evakuacijskih objektov;
- na brežinah akumulacije.

Matična hribina običajno predstavlja eno največjih neznank v sistemu, saj je njena kvaliteta običajno določena le na podlagi nekaj vrtin v profilu pregrade, medtem ko so podatki o stiku pregrade s hribino večinoma znani zgolj iz zapisov in dokumentacije iz časa gradnje. Zato je pri oceni tveganj ključnega pomena upoštevati terenska opažanja, podatke monitoringa ter znano geološko in hidrogeološko zgradbo območja. Posebno pozornost

namenjamo naslednjim potencialnim porušnim mehanizmom:
- erozija in druge površinske deformacije (zdrsi, posedki, udori, neobičajna rast vegetacije),
- notranja erozija v hribini ali stiku pregrade s temeljem,
- likvefakcija v območju temeljenja,
- deformacije, zdrsi, posedki v območju temelja ali pobočij.



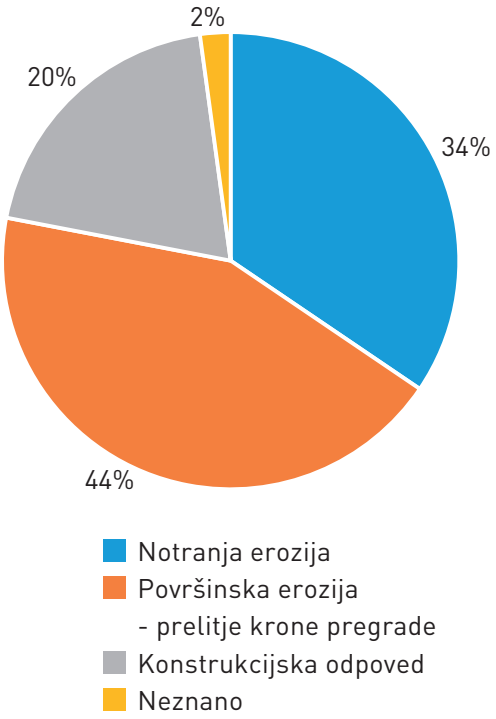
Slika 1: Razlogi za porušitev betonskih in zidanih pregrad – mehanizem (Povzeto po ICOLD, 2019).

Tipični porušni mehanizmi za nasute pregrade vseh tipov so povezani z notranjo erozijo (34 %), površinsko erozijo in prelitjem krone pregrade (44 %), izgubo konstrukcijske stabilnosti pregrade ali temeljnih tal (20 %), v 2 % pa mehanizem ni poznan. Notranja erozija zajema pojav notranje erozije v telesu pregrade in v temeljnih tleh. Absolutno gledano so porušni mehanizmi povezani s prelivanjem in notranjo erozijo prevladujoči mehanizmi za nasute pregrade vseh tipov. Do pojava notranje erozije lahko pride v telesu pregrade (24 %), v temeljnih tleh (15 %), ali na stikih (14 %). Vendar pa kar v 47 % lokacija pojava ni bila identificirana (ICOLD, 2019).

Nasute pregrade so hidrotehnični objekti, zgrajeni iz naravnih materialov, kot so drobnozrnati materiali (zemlja, glina, pesek) ali grobozrnati materiali (kamenje in skale). Zaradi široke dostopnosti gradbenih materialov ter prilagodljivosti na različne geološke in topografske razmere so med najstarejšimi in najpogostejšimi vrstami pregrad. Poznamo več vrst nasutih pregrad. Zemeljske pregrade se delijo na homogene, modificirane homogene in slojevite. Homogena pregrada je zgrajena iz enotnega zemeljskega materiala, ki mora zagotavljati tako stabilnost kot vodotesnost. Modificirane zemeljske pregrade vključujejo dodatne elemente, kot so drenažni sistemi, filtri in zaščita pete pregrade s skalometom, kar omogoča nadzor nad pronicanjem vode skozi telo pregrade.

Potencialni porušni mehanizmi v sistemu nasute pregrade (vseh tipov) se lahko razvijejo na več mestih:

- v temeljnih tleh ali bokih pregrade ter na stiku telesa pregrade z matično hribino,
- znotraj telesa pregrade, kjer so kritična mesta predvsem elementi za zagotavljanje vodotesnosti, kontrolo precejanja vode in filtrski sloji,
- na območju evakuacijskih objektov,
- na brežinah akumulacije.



Slika 2: Razlogi za porušitev nasutih pregrad – mehanizem (Povzeto po ICOLD, 2019).

Tudi pri nasutih pregradah so lastnosti in kvaliteta temeljne hribine ključna spremenljivka v sistemu. Temeljna tla morajo biti zadostno nosilna, neprepustna ali ustrezno tesnjena, saj neposredno vplivajo na stabilnost in varnost pregrade. Nosilnost tal mora omogočati prenos obremenitev, ki jih povzroča zgrajena pregrada in obtežba vodne akumulacije, brez prekomernega posedanja ali porušitve. Če tla niso naravno neprepustna, je treba zagotoviti ustrezno tesnjenje. Poleg tega je pomembna geološka homogenost temeljnih tal, saj neenakomernosti, razpoke ali prisotnost podze-

mne vode lahko povzročijo lokalne nestabilnosti. Na podlagi terenskih opažanj, podatkov monitoringa ter znane geološke in hidrogeološke sestave je treba biti pozoren na naslednje mehanizme:

- površinsko erozijo in druge deformacije, kot so zdrsi, posedki, udori ali nenavadna rast vegetacije,
- živalsko aktivnost, antropogeno dejavnost in stanje zarasti,
- notranjo erozijo,
- potencial za likvefakcijo,
- ter deformacije, zdrse in posedke.

Identifikacija porušnih mehanizmi za posamezni tip pregrade

Glavni namen identifikacije in opisa potencialnih porušnih mehanizmov je razumevanje obnašanja pregrad in razumevanje vzrokov, ki povzročijo staranje in stanja, ki potencialno ogrožajo stabilnost objekta. V procesu identifikacije se osredotočimo na pregrado in vse njene komponente in identificiramo tiste, ki zahtevajo našo trajno pozornost, temu pa nato prilagodimo tudi program opazovanja, monitoringa in vzdrževanja oz. vzpostavimo sistem spremljanja kondicijskega stanja objekta. Postopek identifikacije porušnih mehanizmov je smiselno uporabiti že v času načrtovanja, kot tudi v kasnejših življenjih obdobjih posamezne pregrade, saj lahko le na ta način:

- prepoznamo glavne porušne mehanizme za obravnavani objekt,
- prepoznamo glavne zunanje dejavnike, ki posredno in neposredno ogrožajo varnost pregrade ali njenih komponent (kot na primer plaz, ki ogroža eno od brežin akumulacije),
- prepoznavamo možnosti, kje lahko dodatni ukrepi zmanjšajo možnost poškodb in okvar,
- prepoznamo ključne komponente, kjer lahko pride do degradacije in okvar in primerno ukrepamo,
- določimo ključne parametre in instrumente za opazovanje objekta (program monitoringa kot tudi vizualnih pregledov),
- pripravimo načrte obratovanja, nadzora, pripravljenosti in ukrepanja v primeru izrednih razmer,
- izboljšamo obratovalno varnost pregrade, saj so aktivnosti monitoringa in vzdrževanja ciljno usmerjene v zagotavljanje obratovalne varnosti obravnavanega objekta z njegovimi pomanjkljivostmi in posebnostmi,
- dobimo dobre vhodne podatke za pripravo načrta zaščite, reševanja in alarmiranja;
- pridobimo dobre vhodne podatke za nadaljnje analize (na primer razvoj porušnega mehanizma je nujni vhodni podatek za analize porušitve pregrad in razvoj poplavnega vala).

Identifikacija potencialnih porušnih mehanizmov je rezultat obsežnega dela izkušene ekipe, ki vključuje strokovnjake z referencami s širšega področja pregradnega inženirstva. Vodja procesa identifikacije naj bo strokovnjak s področja pregrad, odgovoren za celotno koordinacijo in usmerjanje analize, z obsežnimi izkušnjami s področja identifikacije mehanizmov porušitev pregrad. V projektni skupini pa naj bodo vsaj še strokovnjaki:

- za področje varnosti pregrad z izkušnjami na področju analiz varnosti pregrad, porušnimi mehanizmi in monitoringom (če je možno, so zaželene mednarodne izkušnje),
- za področje geologije, geotehnike, hidrogeologije in inženirske geotehnike z izkušnjami na področju pregrad,
- za hidrologijo z izkušnjami na področju hidroloških analiz in meritev,
- za hidravliko z izkušnjami na področju hidravličnih analiz in meritev, analiz porušitev pregrad,
- za področje strojništva inženir z izkušnjami na področju hidromehanske opreme,
- strokovnjak s področja geodezije z izkušnjami na področju geodetskih meritev pregradnih objektov.

Pomembno je, da se proces identifikacije porušnih mehanizmov izvede v celoti in ne zgolj na način, da se potrdijo predhodno izbrani porušni mehanizmi. Na podlagi zbranih podatkov in stanja na terenu se sestavi prva kandidatna lista možnih porušnih mehanizmov. V prvem koraku zberemo vsa opažanja projektne skupine. Priporočamo, da najprej vsak udeleženec strokovne skupine pripravi svojo kandidatno listo in opis mehanizmov, ti naj se nato zberejo in v naslednjem koraku obravnavajo skupinsko. Predlagamo, da vsi udeleženi strokovnjaki sodelujejo pri sestavljanju kandidatne liste in pri predstavitvi zbranih mehanizmov, saj se tudi na ta način izboljšuje varnost pregrad, namreč bolje kot je vsak udeleženec v procesu poučen o problematiki, boljša bo komunikacija med različnimi deležniki. Obenem seznanjenost vseh članov ekipe o namenu in načinu uporabe podatkov in informacij pripomore k boljšemu opravljanju dela. Poudariti moramo, da posamezni porušni mehanizmi niso nujno splet dogodkov, ki si sledijo v zaporedju (linearno), ampak gre običajno za kompleksni pojav in medsebojno interakcijo različnih elementov v sklopu pregrade (World Bank, 2021). V procesu kritične strokovne debate, naj se ovrednotijo vsi predlogi, ki se naj nato v naslednjem koraku razdelijo v dve skupini. Prvo skupino naj sestavljajo predlogi, za katere se pričakuje, da ne bodo bistveno prispevali k tveganju za porušitev objekta in ne potrebujejo nadaljnje obravnave, drugo sku-

pino pa predlogi, ki potrebujejo nadaljnjo obravnavo in analize. Vse razloge za vključitev predloga v skupino, ki ne potrebuje nadaljnje obravnave, je treba jasno dokumentirati. Nadaljnja razprava naj se nadaljuje v smeri določitve najbolj kritičnih mehanizmov in vseh tistih, ki predstavljajo tveganje. Ta kritična debata naj se izvede v ožjem krogu ekspertne skupine, v njo naj bodo vključeni tisti, ki so najbolj seznanjeni z zasnovo, delovanjem in obnašanjem objekta.

FERC (2020) predlaga razvrstitev potencialnih porušnih mehanizmov v štiri kategorije: zelo verjeten mehanizem, manj verjeten mehanizem, mehanizem, ki ga trenutno ni možno dokončno identificirati in mehanizem, ki ga lahko izločimo iz nadaljnje obravnave. Za slovenski prostor pa predlagamo tri kategorije, ki so predstavljene v preglednici 1.

Preglednica 1: Kategorije porušnih mehanizmov glede pojava in nadaljnje obravnave.

Kategorija	Karakteristike porušnega mehanizma	Opis
I	Aktivacija porušnega mehanizma je možna in verjetna.	Fizikalno možen mehanizem na podlagi ugotovljenih lastnosti sistema pregrade in ugotovljenih pomanjkljivosti.
II	Trenutno je na voljo premalo podatkov oz. so potrebne dodatne analize.	Pomanjkanje podatkov za jasno presojo in identifikacijo, zaradi tega je smiselno te scenarije obravnavati prednostno, saj so morda kritični, vendar tega še ni moč identificirati.
III	Mehanizem je izločen iz nadaljnje obravnave.	Možnost aktivacije tega mehanizma je na podlagi zbranih dokazov zanemarljiva.

Sistem pregrade obravnavamo kot več samostojnih in med seboj povezanih delov, ki se analizirajo po sklopih. Vsak možni porušni mehanizem kvalitativno opišemo. Porušne mehanizme opišemo v celoti, od začetka, postopnega napredovanja, do porušitve oz. nenadzorovanega izpusta. Opis naj ima štiri osnovne dele: (i) sprožitveni dejavniki, (ii) napredovanje pojava, (iii) pričakovan obseg posledic in (iv) morebitni ukrepi za zmanjševanje tveganja ali zmanjševanje posledic (na primer izboljšanje sistema spremljanja, dodatne analize, preiskave, organizacijski ukrepi, sanacija). Opisi morajo biti jasni in napisani na način, da jih je možno jasno in nedvoumno interpretirati. Eden izmed namenov identifikacije potencialnih porušnih mehanizmov je zagotoviti smernice in merila za nadaljnje obratovanje in vzdrževanje objekta, vključno s sistemom nadzora in spremljanja. Z opredelitvijo nujnosti ukrepa ovrednotimo tudi časovni okvir (preglednica 2).

Preglednica 2: Opis nujnosti ukrepov.

Nujnost	Opis
Nujno	Nujno je takojšnje ukrepanje, saj je v tem trenutku ali v obdobju naslednjih nekaj let ogrožena stabilnost objekta ali dela objekta pod normalnimi obratovalnimi pogoji. Nujni so ukrepi preprečevanja porušitve in ukrepanja za zmanjševanje posledic v primeru porušitve, vključno z obveščanjem dolvodno živečih prebivalcev v območju vpliva. V to kategorijo sodijo tudi ukrepi za identificirane porušne mehanizme, za katere ni na voljo dovolj informacij. V tem primeru je nujno izvajanje aktivnosti za premostitev pomanjkanja informacij, ni pa nujno izvajanje ukrepov obveščanja in zmanjševanja posledic v primeru porušitve.
Zelo hitro	Nujno je hitro ukrepanje, saj je ogrožena stabilnost objekta v času izrednega obratovanja pod pogoji, ki so nižji od predvidenih projektnih vrednosti (npr. poplava, potres). Nujno je povečanje obsega opazovanja, izvedba začasnih ukrepov, izvedba dodatnih analiz in nato izvedba primernih trajnih posegov za zagotavljanje obratovalne varnosti objekta. V primeru izrednega obratovanja je nujno obveščanje dolvodno živečih prebivalcev v območju vpliva.
Hitro	Potrebno je hitro ukrepanje, gre za resne pomanjkljivosti in nesprejemljivo tveganje za dolvodna območja. Za ukrepe v tej skupini je zelo verjetno najprej treba izvesti detajlne analize in določiti faznost izvedbe del.
Redno	Z ukrepom trenutno ne zmanjšujemo tveganja, povezanega z zagotavljanjem strukturne varnosti in tveganja za porušitev ali nenadni izpust vode iz akumulacije. Ukrep predstavlja dolgoročno izboljšanje ali z vidika staranja objekta, ali z vidika izvajanja aktivnosti, povezanih z obratovanjem, vzdrževanjem, monitoringom.

Opis metodologije

Metodologija za identifikacijo potencialnih načinov porušitve pregrad je strukturirana dvo-nivojsko:

- raven portfelja in
- raven posamezne pregrade.

Prvi korak pri vzpostavljanju sistema spremljanja kondicijskega stanja pregrad je oblikovanje in vzdrževanje aktivnega portfelja pregrad. Sistematiziran portfelj pregrad predstavlja temelj za spremljanje stanja, upravljanje obratovalne varnosti in dolgoročno načrtovanje. Portfelj služi kot centralizirana podatkovna baza, ki združuje tehnične, obratovalne in zgodovinske informacije. Vzpostavljeni portfelj pregrad je še posebej pomemben na nacionalni ravni, saj omogoča učinkovito spremljanje kondicijskega stanja kritične infrastrukture ter podpira odločanje na podlagi dokazov in določanje prioritet varnostnih ukrepov. Takšnega portfelja na nivoju države nimamo vzpostavljenega, kar predlagamo kot enega izmed ključnih prvih korakov. Na ravni portfelja naj se vsako leto izvede pregled, katerega glavni namen je prepoznavanje trendov tveganj za vse pregradne objekte skupaj in ne le za posamezen objekt – gre torej za predhodno ocenjevanje. Za iz-

vedbo tega pregleda je odgovoren lastnik pregrade. Če sam ne razpolaga z ustreznim strokovnim kadrom, mora zagotoviti sodelovanje zunanjega izvajalca z ustreznimi referencami s področja varnosti pregrad. Na ta način se lahko od lastnika zahteva povečano pozornost pri opazovanju in vzdrževanju, v kolikor se ugotovi, da je obravnavani objekt glede na stanje celotne populacije pregrad v slabšem kondicijskem stanju. Da bi bila takšna odgovornost jasno določena, je potrebno zakonsko urediti, kdo nosi pristojnost za vodenje in izvajanje pregledov portfelja pregrad ter kdo mora biti pri tem obvezno prisoten. Na nacionalnem nivoju mora biti določena institucija ali organ, ki nadzira izvajanje pregledov in zagotavlja, da lastniki objektov izpolnjujejo svoje obveznosti. S tem se zagotavlja doslednost, strokovnost in neprekinjeno spremljanje kondicijskega stanja kritične infrastrukture.

Detajlni pregled portfelja pregrad je treba izvesti:

- redno - periodično na vsakih deset (10) let za vse objekte v Sloveniji,
- izredno - po večjem dogodku, kot so bile npr. poplave v Sloveniji avgusta 2023 za objekte, ki jih je prizadela ujma,
- izredno - kadar se ugotovi resna pomanjkljivost, ki bi lahko vplivala na varnost dolvodnih območij, na primer ko napredek stroke narekuje spremembo obstoječih ocen, za vse pregradne objekte v Sloveniji.

Pri določanju potencialnih porušnih mehanizmov ločimo scenarije pri katerih je prišlo do aktivacije, smiselno je obravnavati naslednje štiri scenarije: (i) običajni scenariji, (ii) hidrološki scenariji, (iii) seizmični scenariji in (iv) ostali scenariji.

Običajni scenariji predstavljajo obratovanje pregradnega objekta v pričakovanih, stabilnih in običajnih obratovalnih pogojih. V teh pogojih se lahko postopoma razvijajo porušni mehanizmi kot posledica naravnega staranja konstrukcije, obrabe materialov, sprememb v geotehničnih pogojih ter dolgotrajnega vpliva obratovalnih obremenitev. Hidrološki scenariji so povezani s poplavnimi dogodki, ki lahko pomembno vplivajo na obratovanje in varnost pregradnega objekta. V okviru obravnave hidroloških scenarijev je nujno preveriti projektne vrednosti, uporabljene za dimenzioniranje evakuacijskih objektov, ter oceniti ustreznost upoštevanih poplavnih dogodkov, negotovosti v hidroloških analizah in zagotovljene računske evakuacijske sposobnosti. Posebno pozornost namenimo vplivu podnebnih sprememb, ki lahko bistveno spremenijo pogostost in intenzivnost ekstremnih padavin. Seizmični scenariji so povezani s potresnimi dogodki, ki vključujejo glavni potresni sunek, popotresne sunke in obdobje po potresu, dokler na objektu ne vzpostavimo nazaj stanja običajnega obratovanja. Ostali scenariji, ki jih upoštevamo so odvisni od lokalnih značilnosti, funkcije pregrade ter drugih pogojev, ki po presoji ekspertne skupine vplivajo na obratovalno varnost objekta (npr. kibernetske grožnje ali drugi antropogeni dejavniki). V tej skupini scenarijev gre pogosto za identifikacijo tveganj in vpeljavo ne-strukturnih posegov za zmanjševanje grožnje.

Možne scenarije porušitve razvrstimo glede na dva osnovna kriterija:

- glede na hitrost razvoja:
  - nenadna porušitev - popolna in nenadna porušitev, ki se zgodi v nekaj minutah, običajno brez opozorilnih znakov, kar ne omogoča časa za ukrepanje,
  - hitra porušitev - porušitev, ki po pojavu prvih znakov nestabilnosti v nekaj urah napreduje do porušitve,
  - postopna porušitev: postopna izguba stabilnosti ki traja nekaj dni, tednov, mescev, kar omogoča izvedbo preventivnih ukrepov;

- glede na obseg izgube funkcionalnosti:
  - popolna izguba obratovalne sposobnosti objekta - objekt ostane fizično stabilen, vendar ne more opravljati svoje predvidene funkcije (npr. zadrževanje vode, proizvodnja električne energije).
  - delna izguba polne obratovalne sposobnosti za del objekta ali za komponento objekta - delna odpoved, ki vpliva na delovanje sistema, a ne povzroči popolne porušitve.

Aktivacija porušnih mehanizmov, ki povzročijo izgubo funkcionalnosti objekta, se uvršča med kritične dogodke, ki zahtevajo takojšnje ukrepanje. Nezmožnost obratovanja objekta v predvidenih obratovalnih pogojih jasno nakazuje, da je porušni mehanizem že sprožen, zato je nujno izvesti ukrepe. Prvi ukrepi morajo biti usmerjeni v preprečitev nadaljnjega napredovanja porušnega procesa in stabilizacijo objekta. Ko je dosežena začasna stabilnost, takoj pričnemo načrtovati in tudi izvajati sanacijske ter dolgoročne ukrepe za obnovitev funkcionalnosti in doseganje obratovalne varnost objekta.

Zaključek

Projekt MODERNISED predstavlja sistematični pristop k spremljanju kondicijskega stanja pregrad, ki temelji na identifikaciji možnih porušnih mehanizmov kot izhodišču za vzpostavitev sistema upravljanja z objektom. Identificirani porušni mehanizmi v kombinaciji z monitoringom, ki omogoča spremljanje obnašanja objekta, zaznavo potencialne aktivacije katerega od mehanizmov in procesov staranja predstavljajo temelj zagotavljanja obratovalne varnosti pregrad v Sloveniji. Obratovalno varnost pregrad zagotavljamo na dveh nivojih na nivoju posameznega objekta ter na nivoju portfelja. Zato je eden izmed ključnih korakov na nacionalni ravni vzpostavitev sistematiziranega portfelja pregrad, ki omogoča strukturirano spremljanje stanja, upravljanje obratovalne varnosti ter dolgoročno načrtovanje. Sistematiziran portfelj pregrad predstavlja temelj za spremljanje stanja, zato naj se posodablja na letni ravni. Poleg tega je nujno zakonsko opredeliti nosilca pristojnosti za upravljanje s portfeljem ter vodenje in izvajanje pregledov, kar je pogoj za učinkovito in trajnostno upravljanje pregradne infrastrukture. Rezultati projekta ponujajo podlago za izvedbo procesa identifikacije porušnih mehanizmov pregrad, dodatno pa ponujajo tudi nazorne primere aktivacije posameznih mehanizmov in primere dobrih praks. S celostnim pristopom k varnosti pregrad, kjer združujemo konstrukcijsko varnost, obratovalno varnost in staranje objektom pa stremimo tudi k ciljem trajnostnega upravljanja vodnih virov in odpornosti infrastrukture.

Zahvala

Raziskavo je finančno podprl ciljni raziskovalni projekt Javne agencije za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost republike Slovenje V2-2340 in Ministrstvo za naravne vire in prostor.

Viri

VODPREG-1, (2012) Zemeljski in betonski jezovi za zadrževanje vode strateškega pomena v Republiki Sloveniji, končno poročilo, Ljubljana.

VODPREG-2, (2015) Zemeljski in betonski jezovi za zadrževanje vode strateškega pomena v Republiki Sloveniji, končno poročilo, Ljubljana.

ICOLD, 2019. World Declaration on Dam Safety accepted in Porto, Portugal.

ICOLD, 2012. Declaration on Water Storage for Sustainable Development accepted in Kyoto, Japan.

FERC, 2020. engineering guidelines for the evaluation of hydropower projects chapter 17 – potential failure mode analysis, Draft, Washington

World Bank. 2021. Good Practice Note on Dam Safety – Technical Note 5: Potential Failure Mode Analysis. World Bank, Washington, DC

ICOLD, 1994. Ageing of Dams and Appurtenant Works Review and Recomendations, Bulletin 93, ICOLD Committee on Dam Ageing, ICOLD - CIGB, Paris.

ICOLD, 2016. Selecting seismic parameters for large dams Guidelines, Bulletin 148, ICOLD committee on seismic aspects of dams design, International Commission on Large Dams, Paris.

ICOLD, 2019. ICOLD Incident database Bulletin 99 update, Statistical analysis of dam

Failures, Committee on Dam Safety

ICOLD, 2022. Flood Evaluation and Dam Safety, Bulletin 170, International Commission on Large Dams, Paris.

ICOLD, 2022a. Dam surveillance – lessons learned form case histories, Bulletin 180, ICOLD technical committee on dam surveillance, ISBN: 978-1-003–27484-1, CRC Press/ Balkema, 2022 ICOLD/CIGB, Paris, France

INOVATIVNE REŠITVE ZA ODSTRANITEV VODE IZ MATERIALA, PRI POGLABLJANJU DNA ZARADI OKOLJSKIH ZAHTEV-ŠTUDIJA PRIMERA ESTUARIJA O BURGO, ŠPANIJA

Abdullah Zafar, Inženir vodarstva, Mag.
HUESKER Synthetic GmbH, Fabrikstraße 13-15 48712 Gescher, Nemčija.

Marco Rodríguez, Gradbeni inženir, Mag.
HUESKER Geosintéticos, S.A.U., P.I. Talluntxe II, calle O, nave 8, 31110 Noáin, Spain

Povzetek

Estuarij Ría de O Burgo v A Coruñi, v severozahodni Španiji, je že dolgo časa izpostavljen hudi degradaciji zaradi industrijskih in urbanih odpadnih voda, kar ogroža kakovost sedimentov in vode ter lokalno ribištvo. Za obnovo tega kritičnega okolja je bila izvedena obsežna pobuda za poglobitev, v okviru katere je bilo odstranjenih 583.337 m^3 sedimentov, od katerih je 174.284 m^3 vsebovalo visoke ravni onesnaženosti, ki so zahtevali posebne ukrepe. Šlo je za prvo večjo uporabo geotehničnih tub za odstranjevanje vode iz materiala, v Španiji. Dve ograjeni površini na kopnem, obloženi z HDPE- membranami, sta vsebovali 121 geotehničnih tub za odstranitev vode iz materiala, razporejenih v več plasti, ki so učinkovito zadrževale izkopane sedimente, črpane neposredno iz estuarija. 0,1- odstotna doza kationskega poliakrilamidnega flokulantnega sredstva je omogočila hitro in učinkovito odstranjevanje vode iz materialov, pri čemer je motnost ostala pod 10 NTU, koncentracija ostankov flokulantnega sredstva pa pod 2 µg/L. Kljub izzivom na lokaciji, vključno s šibkimi tlemi, plimskimi nihanji do 4,5 m in omejenim prostorom za gradnjo, so neprekinjeno spremljanje, vključevanje zainteresiranih strani in prilagodljivo upravljanje, zagotovili skladnost s strogimi okoljskimi predpisi. Poleg doseganja visokokakovostnega odtoka in izolacije onesnaženih sedimentov, ponuja pridobljena zemlja potencial za javni prostor in ekološko obnovo. Ta uspešna študija primera poudarja zanesljivost in vsestranskost geotehničnih tub za odstranjevanje vode iz materialov na mehkih podlagah in ustvarja precedens za integrirane pobude za izkopavanje in pridobivanje zemlje po vsem svetu.

Uvod

Obalni estuariji po vsem svetu so zaradi industrializacije, širitve mest in posledičnega izpusta onesnaževalcev, pod nenehnim okoljskim pritiskom. Estuarij Ría de O Burgo v Španiji je primer takšnih izzivov. V estuarijskih sedimentih so se desetletja kopičili industrijski odplaki in komunalne odpadne vode, kar je poslabšalo kakovost vode in škodovalo kritičnim habitatom za morsko življenje.

Da bi obnovili ekološko ravnovesje in oživili lokalno ribištvo, je španska vlada izvedla obsežen projekt okoljske poglobitve ter sanacije. Za razliko od poglobitve za plovbo, je bilo v danem primeru je bil namen: poglobitev zaradi onesnaženih plasti

sedimenta, z namenom, da se zmanjša ponovna suspenzija in zaščiti sosednje ekosisteme.

Pri sanaciji Ría de O Burgo so izvedli natančno odstranjevanje, razvrščanje sedimentov in ukrepe za obnovo habitata. Ta članek se osredotoča na inovativno uporabo geotehničnih tub za odstranjevanje vode iz materialov, omejitev in osuševanje onesnaženih sedimentov, kar ponuja potencialni okvir za podobne projekte sanacije estuarijev po vsem svetu.

Pregled projekta

Pomen lokacije in okoljska pomembnost

Estuarij O Burgo, ki se razteza v občini A Coruña na severozahodu Španije, je nastal s sotočjem reke Mero in Atlantskega oceana. V preteklosti je ta estuarijski sistem podpiral obsežna mokrišča, lagune in sipine, ki so spodbujale visoko biotsko raznovrstnost, vključno z migracijskimi pticami in komercialno pomembnimi nasadi školjk. Strateška lega estuarija v bližini urbanega središča je prispevala k njegovi ekološki vrednosti, saj je zagotavljala drstišča za morske vrste, naravni sistem filtracije za obalne vode in pomembna mesta za prehranjevanje in počitek za ptice.

Zakonodajni in načrtovalni okvir

V sredini 20. stoletja je naraščajoči industrijski in urbanistični razvoj povzročil hudo onesnaženje, kar je nacionalne in regionalne oblasti spodbudilo k razmišljanju o obsežnih sanacijskih ukrepih. Špansko ministrstvo za ekološki prehod in demografske izzive je skupaj s CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) izvedlo obsežne ocene sedimentov in kakovosti vode. V poročilu o vplivih na okolje (EIS), ki je bilo dokončano decembra 2015, so podrobno opisali obseg onesnaženja, ekološka tveganja in potrebne ukrepe za njihovo zmanjšanje. Načrt, odobren z naložbo v višini približno 32 milijonov evrov, je izkopani material razvrstil v tri kategorije: kategorijo I (neonesnažen), kategorijo II (zmerno onesnažen) in kategorijo III ali II, ki sta pozitivno toksični (močno onesnaženi).

Območja izkopavanja in razvrstitev sedimentov

Estuarij, ki pokriva približno 1.533.025 m^2, je bil razdeljen na 19 območij z globino izkopavanja med 0,5 m in 2 m. Prvotna karakterizacija, ki sta jo med letoma 2007 in 2013 izvedli Univerza v Santiagu de Composteli in CEDEX, je kot glavne onesnaževalce identificirala težke kovine in organske onesnaževalce. Med njimi so bili: živo srebro, kadmij, baker, svinec, cink in polikloririrani bifenili (PCB). Stopnje onesnaženosti so bile običajno omejene na zgornje cm sedimentnega sloja.

Raziskave lokacije so pokazale, da je približno 135.973 m^3 sedimentov kategorije I in II primernih za koristno ponovno uporabo pri obnovi habitatov in obnavljanju plaž. Vendar je bilo treba 174.285 m^3 sedimentov kategorije III ali II s pozitivno toksičnostjo, varno zapreti. Ti močno onesnaženi sedimenti so bili izkopani in odloženi v dveh novo zgrajenih, ograjenih prostorih na kopnem, obloženih z membranami iz visokogostotnega polietilena (HDPE). V te ograjene prostore so nato namestili geotehnične tube za odstranitev vode iz materialov, da bi stabilizirali in zadržali onesnažene sedimente.

Časovni okvir izvedbe in zainteresirane strani

Po obsežni karakterizaciji sedimentov in javni razpravi, se je gradnja začela konec leta 2022 in končala leta 2024. Dela so bila dodeljena skupnemu podjetju Dragados in MAB, ki ima bogate izkušnje na področju pomorskega in okoljskega inženirstva. Lokalne občine, skupnosti in nabiralci školjk so aktivno sodelovali v tekočih posvetovanjih, pri čemer so sanacijske ukrepe uskladili z gospodarskimi in kulturnimi prioritetami, zlasti z obnovo lokalnega ribištva.

Z vključitvijo napredne geotekstilne tehnologije za odstranitev vode iz materiala in celovito okoljsko spremljanje, je projekt O Burgo postal nacionalni primer obsežne obnove habitata. Pristop razvrščanja sedimentov, odgovorne ponovne uporabe neonesnaženih delcev in varnega omejevanja najbolj onesnaženih delov, je namenjen revitalizaciji estuarija reke in podpori njegovega ekološkega okrevanja.

Metodologija

Izkopavanje

Glede na vrsto sedimentov in dostopnost lokacije, je bila uporabljena kombinacija sesalnih in rezalno-sesalnih bagrov. Izkopani material je bil črpan skozi plavajoče (glej sliko 1) in kopenske cevovode do kopenskih zadrževalnih območij. Globina izkopavanja je bila od 50 cm do 2 m na površini približno 1,1 milijona m^2.

Ključni operativni koraki so vključevali:

- Izkopavanje po posameznih področjih: odstranjevanje v naprej določenih plasti sedimentov, z namenom, da se prepreči mešanje onesnaženih in čistejših sedimentov.
- Usklajevanje s plimovanjem: Prilagajanje izkopavanja glede na plimovanje, z namenom, da se zmanjša motnost in skrajša čas mirovanja.
- Transport mulja: Ohranjanje mulja z visoko vsebnostjo vode za nemoteno črpanje na dolge razdalje.

Flokulacija

Flokulacija je bila ključnega pomena za vezavo drobnih sedimentnih delcev v večje kosme, saj so ti drobni sedimenti pogosto močno obremenjeni z onesnaževali, zaradi večje površine in večje kapacitete za izmenjavo kationov, zaradi česar so bolj nagnjeni k adsorbciji in vezavi onesnaževalcev. Flokulacija je pomagala tudi pri izboljšanju učinkovitosti odvodnjavanja in zmanjšanju motnosti. Izkopani mulj je bil doziran s kationskim poliakrilamidom (Solenis PRAESTOL 851 TR) v koncentraciji približno 0,1 %. Spletni dozirni sistemi so zagotavljali povratne informacije o motnosti in vsebnosti trdnih snovi v realnem času, s čimer so zagotovili, da so ravni ostale pod 20 NTU na izhodu geotehničnih tub za odstranjevanje vode iz materialov.

Vsebnost ostankov akrilamida v izpuščeni vodi je bila ohranjena pod 2 µg/L, da se zaščiti morsko življenje. To neprekinjeno spremljanje je omogočilo takojšnje prilagajanje odmerjanja flokulantov v odziv na spreminjajoče se lastnosti mulja.



Slika 1. Izkopavanje sedimentov z bagrom in plavajočim cevovodom.

Odstranjevanje vode z geotehničnimi tubami

Za zadrževanje trdnih snovi in hkratno odtekanje vode so bile uporabljene visoko trdne, prepustne geotehnične tube. Ko je izkopana gošča vstopila v vsako tubo, je struktura por v tkanini pomagala oblikovati filtrirni sloj znotraj tube, ki je preprečeval uhajanje drobnih delcev. Voda je odtekala in med več cikli polnjenja nenehno utrjevala usedline. Odstranjevanje vode z geotehničnimi tubami, če se izvaja na nadzorovan način, lahko doseže tudi dva pomembna sekundarna cilja: zadrževanje trdnih snovi in zadrževanje onesnaževalcev v zadrževalnem mediju med procesom odstranjevanja vode.

Odstranitev vode iz sedimentov, z uporabo geotehničnih tub, je zmanjšalo mobilnost onesnaževalcev, zagotovilo varno zadrževanje in se izkazalo za izvedljivo tudi na tleh z nizko nosilnostjo, s čimer je dokazalo svojo prilagodljivost zahtevnim temeljnim pogojem. Kot sistem za odvodnjavanje na mestu samem, ta zahteva minimalno porabo energije, kar zagotavlja trajnosten in učinkovit pristop za obsežno upravljanje sedimentov in sanacijo okolja.

Upravljanje odpadnih voda

Upravljanje odpadnih voda je bilo ključnega pomena za izpolnjevanje okoljskih standardov. Voda,

ki je iztekala iz geotehničnih tub, je bila usmerjena v laguno Culleredo boardwalk, ki je služila kot sekundarni usedalni bazen - pred izpustom nazaj v estuarij. Za nadzorovanje plimskih pritokov so bile izvedene spremembe nasipov, s čimer se je ohranilo stabilno okolje za čiščenje odpadnih voda. Spremljanje motnosti v realnem času (ohranjena pod 10 NTU pred izpustom nazaj v estuarij) in koncentracij ostankov flokulantov (ohranjene pod 2 µg/L), je omogočilo hitre korektivne ukrepe, ko so parametri presegli regulativne mejne vrednosti. Ta večstopenjski proces flokulacije, filtracija z geotehničnimi tubami za odstranitev vode iz materiala in usedanje v laguni so zagotovili, da je izpuščena voda izpolnjevala stroge okoljske kriterije.

Razporeditev in upravljanje geotehničnih tub na kraju samem

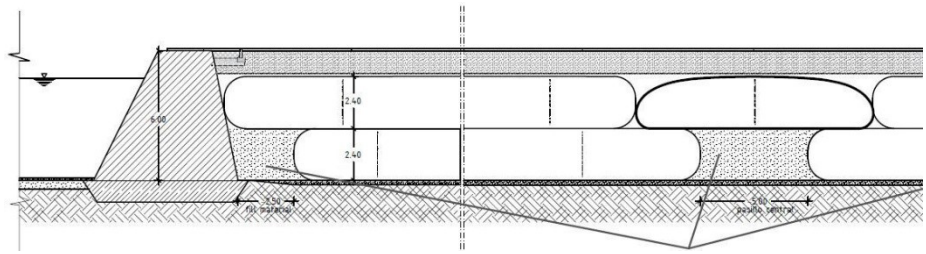
Ključni dejavnik uspeha projekta O Burgo je bilo sodelovanje med izvajalcem in podjetjem HUESKER Synthetic GmbH, vodilnim proizvajalcem geosintetičnih rešitev. Da bi se spopadli s specifičnimi prostorskimi in geotehničnimi izzivi lokacije, je HUESKER dobavil 121 geotehničnih tub Soil-Tain® PP 105/105 DW (glej sliko 2), vsaka je bila iz visokotrdnega polipropilena z natezno trdnostjo 105 kN/m v obeh smereh. S ponudbo tub v dolžinah od 40 m do 95 m, vse z enotnim obsegom 28 m, je proizvajalec zagotovil, da se geotehnične tube lahko natančno prilagodijo različnim pogojem v južnem ograjenem delu. Ta pristop je omogočil skupno dolžino več kot 8500 m in teoretično skladiščno prostornino več kot 220.000 m^3.

Ob upoštevanju omejitev, ki jih je predstavljala omejena površina na lokaciji, je proizvajalec v tesnem sodelovanju z izvajalcem razvil prilagojen načrt razporeditve, ki je omogočila čim večje zadrževanje sedimentov in optimalno izkoriščanje prostora. Naprave za odstranitev vode iz materiala, so bile nameščene predvsem v južnem ograjenem prostoru (razdeljenem na dve celici, obloženi z HDPE), tube pa so bile zložene v dveh plasteh, da se je prostor izkoristil kar najbolje (glej sliko 3).

Poleg dobave izdelkov je proizvajalec zagotovil tudi stalno tehnično pomoč, vse od faze razpisa, do izvedbe. Podpora je vključevala pravočasno dobavo materialov, notranje ukrepe za nadzor kakovosti in priporočila za načrtovanje, ki so bila



Slika 2. Geotehnične tube med polnjenjem.



Slika 3. Razpored zloženih geotehničnih tub v ograjenem prostoru.

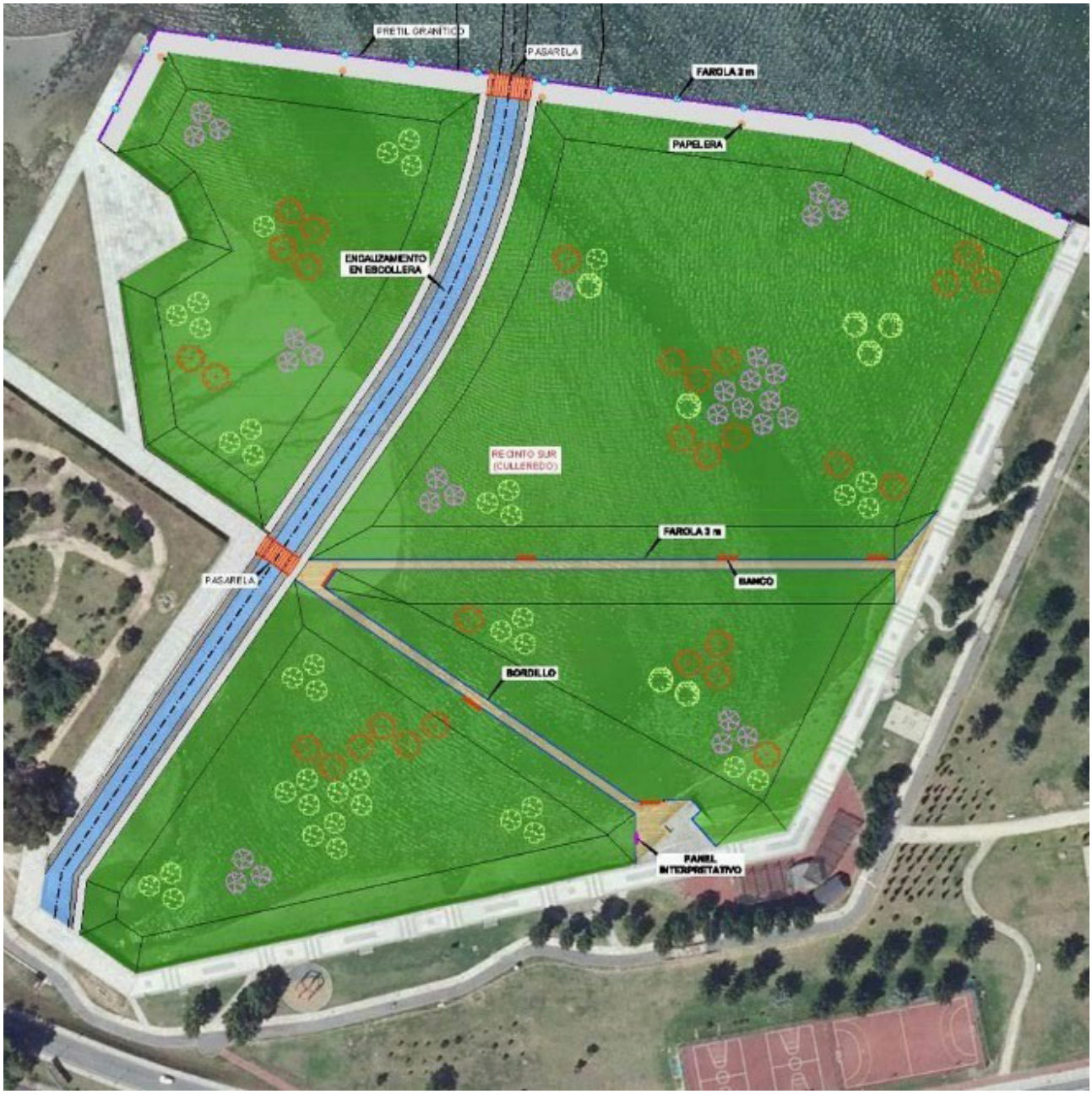
prilagojena mehkim tlem v južnem ograjenem delu. Ta raven vključenosti ni le poenostavila potek gradnje, ampak je tudi zagotovila, da je vsaka namestitev tube izpolnila stroga merila učinkovitosti projekta. Z dobavo robustnih, prilagojenih geosintetičnih rešitev in predanimi storitvami, je proizvajalec odigral ključno vlogo pri preoblikovanju logistično omejenega območja, v stabilno sanirano zemljišče, primerno za končne javne in ekološke koristi (glej sliko 4).

Rezultati in razprava

S sanacijo O Burgo so bili uspešno odstranjeni in izolirani onesnaženi sedimenti, pri čemer so se osredotočili na zgornje onesnažene usedline v 19 conah. Z dodajanjem flokulantov v količini okoli 0,1 % so bili učinkovito zajeti fini sedimenti z visoko vsebnostjo onesnaževal v geotehničnih tubah, pri čemer je bila motnost ohranjena pod 10 NTU, ostanki monomerov pa pod 2 µg/L. S spoštovanjem okoljskih standardov je bil vpliv projekta na okoliške vodne habitate zmanjšan na minimum.

Učinkovitost odvodnjavanja in omejevanje

Geotehnične tube za odstranitev vode iz materiala so učinkovito konsolidirale drobnozrnate mulje in glino, s čimer so postopoma povečale vsebnost trdnih snovi do 65 %. V južnem ograjenem prostoru, kjer so bili shranjeni najbolj onesnaženi



Slika 4. Konceptualni načrt javnega prostora po sanaciji zemljišča.

sedimenti (kategorija III in II s toksičnostjo), je ta pristop preprečil ponovno onesnaženje in odpravil potrebo po odlaganju zunaj lokacije. Zmanjšane potrebe po transportu in odlaganju na odlagališčih, so zmanjšale tudi ogljični odtis projekta in logistično zapletenost.

Stabilizacija lokacije in sanacija zemljišč

Ko so bile tube napolnjene do projektirane višine, je postopno odtekanje in zgoščevanje sedimentov izboljšalo nosilnost. Nato je bila nad tube položena 85 cm debela plast nasipa, ki je ustvarila stabilno platformo za prihodnjo rabo zemljišča. Načrtovana urbanizacija vključuje sprehajalne poti, zelene površine in druge ugodnosti, s čimer se nekdanje onesnaženo območje spreminja v dragocene javne površine, hkrati pa se varuje zdravje estuarija.

Vpliv na okolje in skladnost

Odpadna voda, ki je iztekala iz tub, je pretekla skozi laguno Culleredo boardwalk, kjer se je dodatno usedla, s čimer je bila zagotovljena skladnost s standardi za motnost in ostanke flokulantov. Zaščita habitatov školjk in izboljšanje čistoče vode v bližini obale, sta bila pomembna cilja projekta, kar se je odrazilo v pozitivnih odzivih lokalnih skupnosti in okoljskih agencij. Obnovljena obala je izboljšala estetsko in ekološko vrednost, podprla populacije školjk in rekreacijske dejavnosti.

Zaključek

Pristop O Burgo ponazarja, kako lahko geotehnične tube za odstranitev vode iz materiala, upravljajo z močno onesnaženimi sedimenti v obalnih regijah z mehko zemljo in velikimi plimnimi razponi. Spremljanje v realnem času je operaterjem omogočilo, da so se prilagodili spremenljivim lastnostim sedimentov in plimnim razmeram. Medtem je ponovna uporaba neonesnaženih sedimentov za obnovo plaž in habitatov pokazala celostno strategijo upravljanja virov, ki usklajuje sanacijo okolja z družbenimi in gospodarskimi koristmi.

Novo ustvarjena promenada bo spodbudila turizem, aktivnosti prostega časa in ozaveščenost o ohranjanju okolja, kar kaže, kako lahko celovita sanacija prinese dolgoročne ekološke in družbene koristi. Nadaljnje spremljanje bo potrdilo trajno stabilnost ponovno pridobljene zemlje, z upoštevanjem ciljev kakovosti vode in trajne ekološke obnove.

Reference

1. Arranca la contratación de las obras de dragado ambiental de la ría de O Burgo, https://www.retema.es/actualidad/arranca-contratacion-obras-dragado-ambiental-ria-burgo, last accessed 2025/02/14.
2. Dragado ambiental de los sedimentos de la ría de O Burgo, https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/actuaciones-protec-cion-costa/a-coruna/150736-dragado-o-burgo.html, last accessed 2025/02/14.
3. Koerner, R. M., Koerner, G. R., Huang, W.: 21 - Geotextile tubes for dewatering and decontamination of fine-grained soils. Geotextiles, 483–494 (2016).
4. Satyamurthy, R., Bhatia, S.K.: Effect of polymer conditioning on dewatering char-acteristics of fine sediment slurry using geotextiles. Geosynthetics International 16(2), 83-96 (2009).
5. Syllwasschy, O., Wilke, M.: Sludge Treatment and Tailings Pond Capping by the use of Geosynthetics. In: 7th International Congress on Environmental Geotechnics, Melbourne (2014).
6. Lawson, C. R., Geotextile Containment for Hydraulic and Environmental Engineer-ing. Geosynthetics International 15(6), 384–427 (2008).
7. Howard, I. L., Vahedifard, F., Williams, J. M. & Timpson, C. Geotextile tubes and beneficial reuse of dredged soil: applications near ports and harbours. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Ground Improvement 171, 244–257 (2018).
8. Google Earth, https://www.google.com/earth, zadnji dostop 2025/02/14.

DPN ZA PRVO PLAVAJOČO SONČNO ELEKTRARNO V SLOVENIJI - ENERGIJA DANES ZA ENERGIJO JUTRI

Alenka Sever Keršinar, univ. dipl. geog., HSE Invest d.o.o., Obrežna 170, 2000 Maribor

Goran Mandžuka, univ. dipl. inž. grad., HSE Invest d.o.o., Obrežna 170, 2000 Maribor

Simon Čižmek, univ. dipl. inž. El., HSE d.o.o., Koprska ulica 92, 1000 Ljubljana

Povzetek

Projekt plavajoče sončne elektrarne na Družmirskem jezeru (PSE Družmirje) predstavlja enega najpomembnejših korakov pri zagotavljanju novih proizvodnih virov iz obnovljivih virov energije v Sloveniji. Z načrtovano močjo, ki presega številne obstoječe sončne elektrarne na kopnem in na vodi , projekt predstavlja pomemben mejnik tako v tehničnem kot tudi v razvojno-okoljskem smislu. Projekt je v Skupini HSE del celovitega prestrukturiranja Šaleške regije, usmerjenega v trajnostni in okoljsko sprejemljiv prehod. Gre za prvo tovrstno proizvodno napravo v Sloveniji, ki zaradi svojih značilnosti prinaša nove izzive in priložnosti na področjih prostorskega umeščanja, okoljskih presoj, postopkov dovoljevanja ter tehničnih rešitev. V prispevku so predstavljena osnovna izhodišča za načrtovanje, vključno s posebnostmi in izzivi plavajočih fotonapetostnih naprav, značilnostmi načrtovane PSE Družmirje s spremljajočimi ureditvami ter oceno okoljske sprejemljivosti in varnostnimi vidiki načrtovane ureditve.

Uvod

V prispevku je predstavljen projekt PSE Družmirje s spremljajočimi ureditvami, ki je v tem trenutku v zaključni fazi državnega prostorskega načrtovanja. Predstavljena so izhodišča za načrtovanje, projektna rešitev in rezultati okoljske presoje. Prispevek obravnava tudi največkrat izpostavljeno vprašanje zagotavljanja varnosti za različne uporabnike jezera.

Izhodišča za načrtovanje

Proizvodnja električne energije na način, kot smo ga poznali od začetka dobe elektrifikacije, se spreminja. Z opuščanjem fosilnih goriv in uvajanjem obnovljivih virov energije pri proizvodnji električne energije prehajamo od centraliziranih k decentraliziranim oziroma razpršenim proizvodnim virom. Hkrati se zaradi postopnega opuščanja rabe fosilnih virov tudi na drugih področjih rabe energije (promet, gospodarstvo) v prihodnje pričakuje še večja potreba po električni energiji. Vse to poudarja pomen zanesljive, dostopne in cenovno konkurenčne oskrbe z električno energijo, za kar bo treba vzpostaviti nove proizvodne virein jih ustrezno prostorsko umestiti.

Država Slovenija je decembra 2024 sprejela prenovljeni akcijsko-strateški dokument - Celoviti nacionalni energetski in podnebni načrt (NEPN), v katerem določa ključne cilje nacionalne energetske politike. V okviru tega dokumenta si je zadala, da do leta 2030 (s pogledom do 2040) doseže vsaj 33-odstotni delež obnovljivih virov energije (OVE) v končni rabi energije, od tega vsaj 55-odsto-

tni delež OVE pri proizvodnji električne energije, v ospredje pa postavlja rabo sončne energije.

Navedeno predstavlja velik izziv. Možnost načrtovanja in postavljanja novih proizvodnih enot je predvsem odvisna od (ne)usklajenosti državnih strategij z različnih področij, učinkovitosti postopkov prostorskega umeščanja in dovoljevanja ter kakovosti sodelovanja in uspešnosti usklajevanj z nosilci urejanja prostora in mnenjedajalci. Ključno vlogo ima tudi doseganje družbene sprejemljivosti projektov v lokalnem okolju. Ravno slednje, zlasti pri projektih državnega pomena, predstavlja velik zalogaj – kako doseči zaupanje in sprejetost novih proizvodnih virov v lokalnem okolju ter zagotoviti njihovo okoljsko varnost in ekonomsko korist.

Značilnosti in izzivi plavajočih fotonapetostnih naprav

Pri vprašanju, kam umestiti naprave za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije, se investitorji in razvijalci projektov soočajo s številnimi dilemami. Še posebej to velja za fotonapetostne naprave, ki zasedejo veliko večjo površino v primerjavi z ekvivalentnim konvencionalnim proizvodnim virom električne energije, kot so termoelektrarne in jedrske elektrarne.. Država Slovenija je v Zakonu o uvajanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije (Uradni list RS, št. 78/32 in 95/34 – ZUNPEOVE) predpisala prednostna območja za njihovo umeščanje. Med drugim so strehe objektov in parkirišča (predvsem s ciljem zagotavljanja samooskrbnosti posameznih objektov ali skupin objektov in dejavnosti), območja obstoječih energetskih objektov, območja cestnih zemljišč in železniških območij, zaprta odlagališča odpadkov, degradirana območja ipd. Pri tem velja omeniti, da tudi za poseganja na omenjena območja obstajajo številne omejitve – tehnične, ekonomske, okoljske in socialne.

Ob dejstvu, da je z vodo prekritih več kot 70% Zemljine površine, ob hkratnem naraščanju porabe električne energije ter ob zavedanju, da je voda med najpomembnejšimi naravnimi viri, se drugod po Evropi in svetu pospešeno razvijajo in umeščajo napredni plavajoči fotonapetostni sistemi. Cilj je doseči čim višjo učinkovitost proizvodnje iz obnovljivih virov energije ob hkratni okoljski sprejemljivosti, kar vključuje tudi stalno spremljanje stanja okolja ter prilagajanje tehničnih in prostorskih rešitev.

Premišljeno umeščanje plavajočih fotonapetostnih sistemov, prilagojeno specifikam posameznega območja, ima na področju rabe obnovljivih virov energije veliko prednosti. Montaža sistema je hitra, postavitev modulov na vodno površino pa zaradi naravnega hlajenja omogoča višjo učinkovitost in posledično stabilnejšo proizvodnjo električne energije zlasti poleti , ko so temperature zraka zelo visoke. Delna prekritost vodne površine predstavlja dodatno prednost, saj zmanjšuje izhlapevanje vode in prispeva k blažitvi hitrih ter intenzivnih temperaturnih sprememb v vodnem stolpcu.

Pri načrtovanju plavajočih fotonapetostnih sistemov je treba posebno pozornost nameniti morebitnim vplivom na vodno okolje. Delež dopustne prekritosti vodnega telesa ter lega in oblika plavajoče konstrukcije se določita glede na značilnosti posameznega vodnega okolja in hidrodinamiko vodnega telesa. Neustrezno načrtovanje lahko vpliva med drugim tudi na svetlobni režim in povzroči bistvene spremembe v vodnem stolpcu ter kemijskem in ekološkem stanju vodnega telesa, kar se lahko odrazi tudi na vodnih organizmih (makrofiti, fitoplankton, ribje združbe, navade vodne ptice ipd.).

Tehnično-varnostni izzivi izhajajo predvsem iz lokalnih mikroklimatskih in geoloških razmer (veter, valovanje, led, hitrost vodnega toka, stabilnost podlage). Celotna konstrukcija, vključno s sidrno napravo, mora biti stabilna in varna, zato je v fazi načrtovanja in projektiranja nujno upoštevati teoretično najbolj kritične razmere. Za zagotovitev varnega obratovanja morajo biti vsi električni deli fotonapetostne naprave načrtovani skladno s pravilniki in sodobnimi standardi ter dobro inženirsko prakso, celoten sistem pa opremljen z ustreznimi zaščitnimi mehanizmi. Za zagotovitev okoljske varnosti je ključno, da so materiali negorljivi, prilagojeni zahtevam za dolgotrajno rabo v vodnemu okolju, z UV zaščito in brez možnosti izluževanja nevarnih snovi.

Ključen izziv pri umeščanju tovrstnih objektov predstavlja doseganje družbene sprejemljivosti v lokalnem okolju, zlasti kadar se načrtujejo na vodni površini v bližini poselitvenega območja. Treba je upoštevati morebitno omejevanje razpoložljivosti vodne površine in zagotoviti varno sočasno izvajanje drugih dejavnosti v okviru večnamenske rabe vodnega telesa. Brez odprtega dialoga z lokalno skupnostjo in jasno določenih režimov rabe vodnega telesa se pri umeščanju tovrstnih objektov lahko pojavijo nasprotovanja.

Zakonodajna izhodišča

Slovenija

PSE Družmirje je prva fotonapetostna naprava v Sloveniji. Ker na tem področju še ni uveljavlje-

nih praks in jasnih zakonodajnih izhodišč, projekt predstavlja referenčni primer za oblikovanje prihodnjih postopkov umeščanja tovrstnih naprav v prostor. V nadaljevanju so na kratko predstavljena izhodišča, ki so bila doslej upoštevana.

Zakon o uvajanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije (Ur. l. RS, št. 78/23 in 95/24) (ZUNPEOVE) je za namen fotonapetostnih in vetrnih proizvodnih naprav uvedel določene izjeme, tako pri poseganju na primarne rabe prostora kot pri umeščanju, poseganju na vodna zemljišča, vodovarstvena območja in druge.

Z uveljavitvijo ZUNPEOVE se je na osnovi 47. člena tega zakona na Družmirskem in Velenjskem jezeru dopustila postavitev fotonapetostne naprave, razen naprav za shranjevanje energije, pod pogoji, da postavitev in delovanje fotonapetostne naprave ne ovirata izvajanja gospodarskih javnih služb in da se s postavitvijo ne omejuje ali onemogoča izvajanja obstoječih vodnih pravic ter da se izvedejo potrebni ukrepi za zagotovitev varnosti uporabnikov tega vodnega zemljišča. Ob tem pa je postavljen tudi pogoj, da se fotonapetostne naprave čistijo samo z vodo.

Skladno z zakonom, ki ureja prostor, PSE Družmirje s predvideno močjo nad 10 MW spada med prostorske ureditve državnega pomena, zato se za njeno umeščanje vodi postopek državnega prostorskega načrtovanja (DPN za PSE Družmirje ali plan).

PSE Družmirje se šteje za plavajočo napravo, za katero je treba pridobiti dovoljenje za sidranje in privez skladno s predpisom, ki ureja področje plavajočih naprav.

Krovni predpis, ki v Sloveniji ureja področje voda, med drugim upravljanje s celinskimi in podzemnimi vodami ter vodnimi in priobalnimi zemljišči, je Zakon o vodah (Ur. l. RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15, 65/20, 35/23 – odl. US, 78/23 – ZUNPEOVE in 52/24 – odl. US) (v nadaljevanju ZV-1). Vanj je s 47. členom posegel tudi ZUNEPOVE.

ZV-1 določa cilje upravljanja z vodami ter vodnimi in priobalnimi zemljišči, med drugim doseganje dobrega stanja voda in drugih, z vodami povezanih ekosistemov, zagotavljanje varstva pred škodljivim delovanjem voda, ohranjanje in uravnavanje vodnih količin ter spodbujanje trajnostne rabe voda. V postopku DPN za PSE Družmirje je bilo treba dokazati, da bodo navedeni cilji tudi v primeru PSE Družmirje doseženi.

Tujina

Drugod po Evropi in svetu so plavajoče fotonapetostne naprave že uveljavljen način pridobivanja sončne energije, zato smo pri oblikovanju izhodišč za načrtovanje pregledali tudi tujo prakso in zakonodajo.

V tabeli v nadaljevanju so povzeti praksa in zakonodajna določila v državah EU:

Država	Praksa in regulativa
Avstrija	Ni posebnih omejitev, zahteva se monitoring vplivov.
Nizozemska	Ni posebnih omejitev/zahtev. Izdane so priporočilne smernice.
Nemčija	Na umetnih vodnih telesih z omejitvijo: • - do 15% površine, • - ni dovoljena postavitev znotraj 40 m priobalnega pasu in v Natura 2000 in zavarovanih območij, • Izvaja se monitoring vplivov na vode na pilotnih napravah. V pripravi so smernice, ki bodo opredelile pas pokritosti od 25-50% (glede na tip vodnega telesa).
Portugalska	Ni posebnih omejitev/zahtev.
Španija	Na enem vodnem telesu največ 3 projekti PSE. Fazni pristop. Določen delež vodne površine glede na trofično stanje (5% - 20%).
Češka	Potrebna oddaljenost od roba nasipa/obale 15 metrov. Če je podano soglasje oziroma dovoljenje vodovarstvenega organa, je poseg na tako območje možen.
Italija	Dovoljeno na vodnih rezervoarjih, opuščenih kamnolomih oz. gramoznicah z vodo, na namakalnih kanalih. Pogoj je izvajanje monitoringa.
Belgija	Ni posebnih omejitev/zahtev. Pogoji umeščanja primerljivo s SE na kopnem. Treba je pridobiti ustrezna dovoljenja.
Francija	Dopustne lokacije za plavajoče SE so umetna jezera (gramoznice), obstoječe akumulacije v povezavi s hidroelektrarnami in SE na morju.
Grčija	Ni posebnih omejitev. Poleg morskih območij so dovoljene lokacije umetna jezera in akumulacije na rekah. V pripravi je zakonodaja, ki bo omogočala pohitritev in poenostavitev postopkov dovoljevanja za projekte OVE, hranilnike in plavajoče SE na max 14 mesecev.

Tabela 1: Praksa in zakonodajna določila v državah EU, HSE Invest, september 2025

Kot je razvidno iz tabele, se države z izzivi plavajočih sončnih elektrarn soočajo na različne načine. Pri vseh pa je prepoznana skrb za ohranjanje kakovosti voda, čemur se sledi predvsem z izborom ustreznih tehnološki rešitev, rednim spremljanjem stanja voda in možnostjo pravočasnega ukrepanja.

Prostorska-okoljska izhodišča

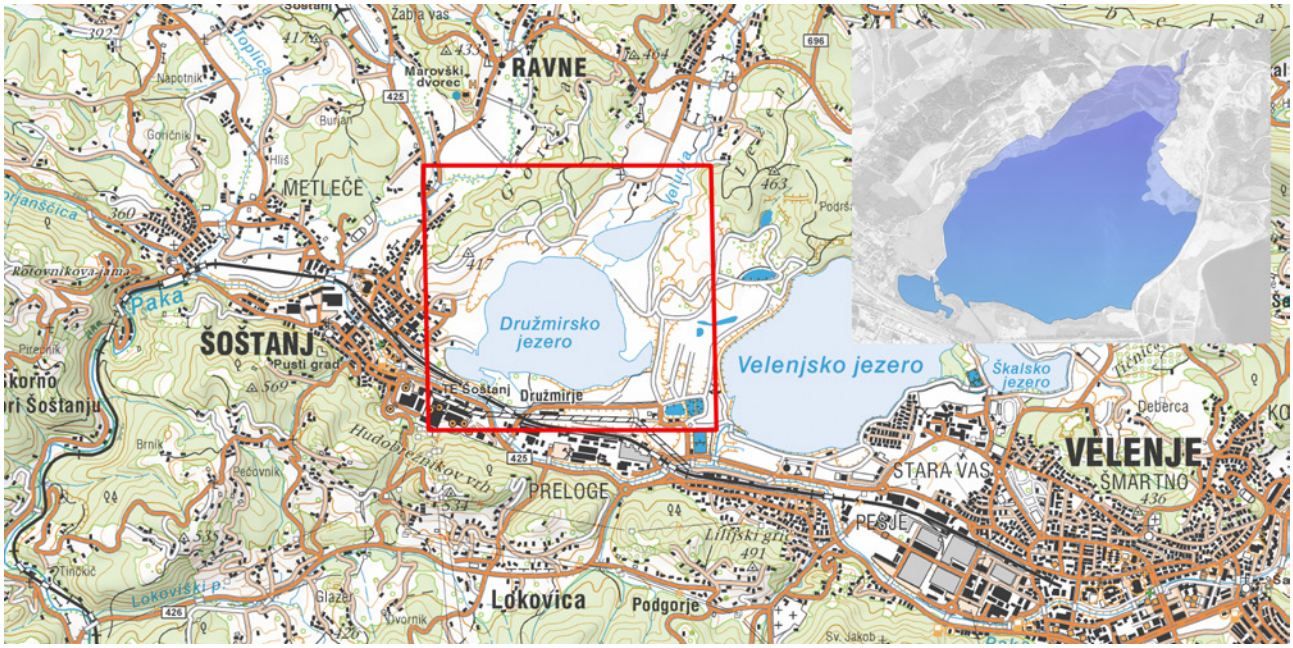
Ideja o postavitvi PSE na Družmirsko jezero je nastala v okviru načrtov za prestrukturiranje Šaleške regije, ob hkratnem zasledovanju državnih ciljev na področju povečanja rabe OVE pri proizvodnji električne energije ter ohranjanju prepoznavnosti območja kot energetske lokacije.

Družmirsko jezero, na katerega se umešča PSE Družmirje in ob katerem se načrtujejo številne krajinske ureditve, spada po predpisih s področja voda med stoječe celinske vode. Njegova površina je v letu 2024 znašala približno 130 hektarov. V najglobljem delu je globoko okoli 86 metrov, njegova povprečna globina pa znaša 22 metrov. Jezero je antropogenega nastanka in se je oblikovalo na vodotoku Velunja, ki se izliva v reko Pako, kot posledica eksploatacije premoga v Premogovniku Velenje. Ugrezanje se bo zaradi dejavnosti premogovništva nadaljevalo še v prihodnje, zaradi česar je pričakovati povečanje površine jezera in spreminjanje terena dna jezera ter objezerskega prostora, predvsem v vzhodnem in severovzhodnem delu. Jezero v obstoječem stanju ni primerno in varno za splošno javno rabo.

Okoljska izhodišča projekta so bila prioritetno oblikovana z namenom preprečiti morebitno poslabšanje stanja voda in vzpostavljenega vodnega ter obvodnega ekosistema. Za ustrezno načrtovanje in izvedbo projekta je nujno celovito poznavanje obstoječega stanja okolja, vključno z ekološkim in kemijskim stanjem jezera, značilnostim rastlinstva in živalstva v vodi in na kopnem ter termičnim in hidrološko-hidravličnimi razmerami jezera.

Jezero je v dobrem kemijskem in zmernem ekološkem stanju, pri čemer je na slednje v največji meri vplivala prisotnost specifičnih onesnaževal. Je zmerno evtrofno in izkazuje neenakomerno razporeditev kisika. Jezero je v sukcesivni fazi, saj je izpostavljeno spreminjajočemu se terenu, tako brežine jezera kot njegovo dno. Za ohranjanje naravnega ravnovesja je zato nujno, da se brežine jezera v okviru sprotne sanacije sonaravno urejajo ter sproti zasajajo z značilnimi avtohtonimi močvirskimi in drugimi rastlinami. Makrofiti in bentoški nevretenčarji so še v fazi naseljevanja, zato je pomembno, da se obalo in litoralni pas čim bolj prepušča naravni sukcesiji, kar bo pripomoglo k boljšemu ekološkemu stanju. To velja kot pomembna usmeritev tako za predvideno energetsko rabo kot tudi druge oblike rabe prostora.

Poleg predhodno navedenih so bila prepoznana še druga ključna prostorsko-okoljska izhodišča za državno prostorsko načrtovanje PSE Družmirje s spremljajočimi ureditvami, med drugimi:
- umeščanje ob obstoječi energetski lokaciji, kar omogoča izvedbo brez večjih gradbenih posegov in enostavno priključevanje v prenosno elektroenergetsko omrežje;
- strateško prednostno območje za umeščanje naprav OVE (del Nacionalne strategije za izstop iz premoga in prestrukturiranje premogovnih regij v skladu z načeli pravičnega prehoda);
- območje brez ovir, ki bi povzročale senčenje;
- odsotnost državnih prostorskih aktov, sprejetih ali v pripravi;
- odsotnost s predpisi določenih območij ohranjanja narave, varstva kulturne dediščine, varstva gozdov, vodovarstvenih območij;



Slika 1: Lokacija jezera v širšem prostoru ter desno zgoraj prikaz primerjave jezera v letu 2024 (temno modro polnilo) in na podlagi projekcij, po zaključenem izkoriščanju premoga (svetlo modro polnilo), GURS, februar 2025

- odsotnost kompleksov kmetijskih zemljišč z visokim pridelovalnim potencialom;
- omejenost vodnega in obvodnega prostora za javno splošno rabo do končne stabilizacije terena.

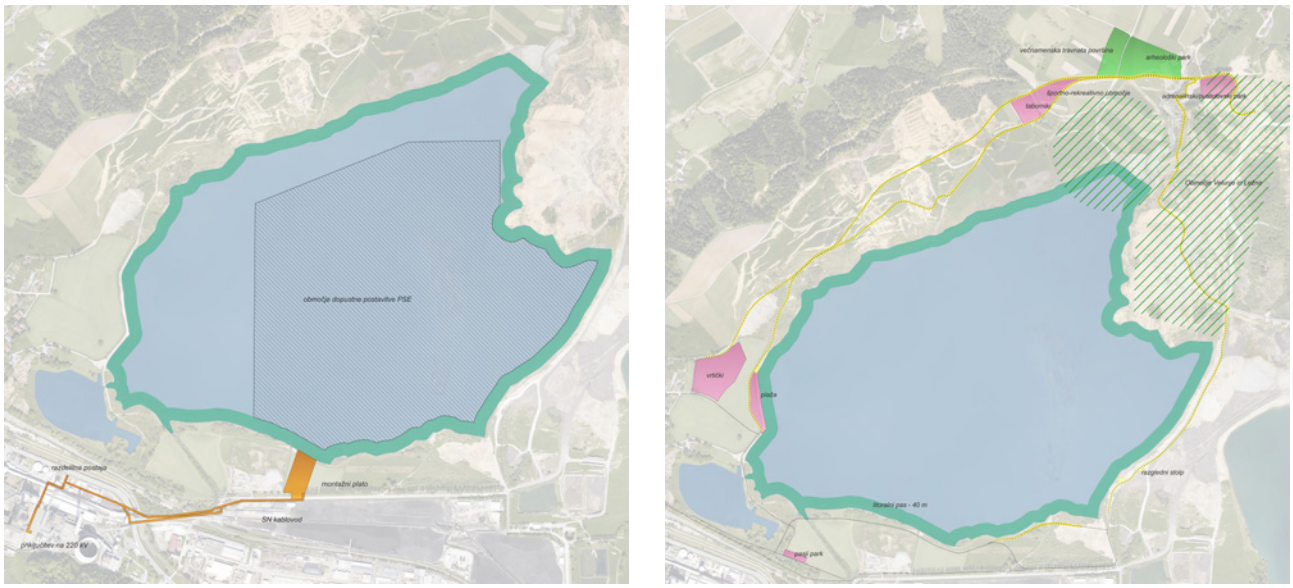
DPN za PSE Družmirje

Z DPN za PSE Družmirje, ki je v pripravi, se načrtuje celovita ureditev prostora Družmirskega jezera. Plan temelji na konceptu racionalne in večnamenske rabe prostora na območju Družmirskega jezera, ki je bilo preoblikovano zaradi dejavnosti premogovništva. Poleg PSE se z DPN umeščajo tudi krajinsko rekreativne ureditve, ki jih Občina Šoštanj dolgoročno nameravai realizirati in s tem povečati privlačnost ter uporabno vrednost območja jezera.

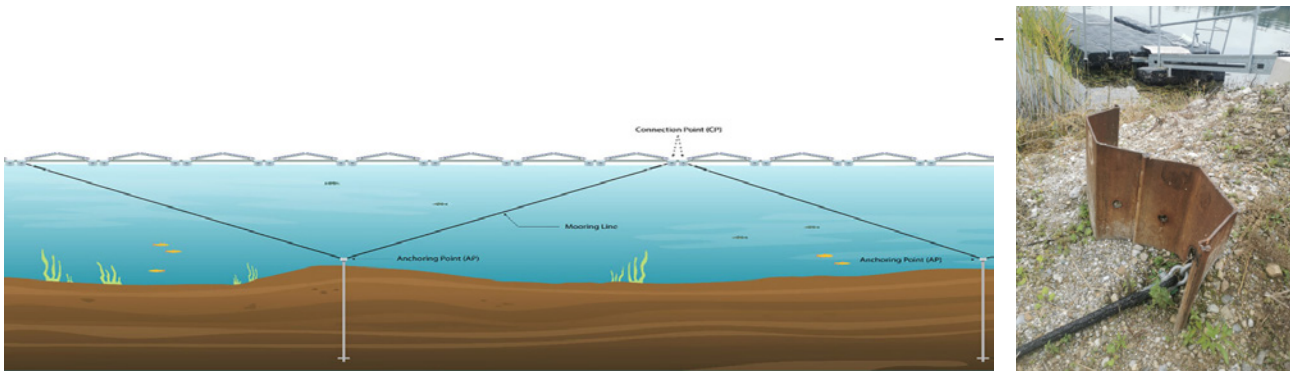
Celovita večnamenska ureditev območja je oblikovana s pogledom v prihodnost. Sočasno, ob skrbi za preprečitev poslabšanja oziroma ohranitev obstoječega ekološkega in kemijskega stanja Družmirskega jezera, bo v času tranzicije regije, v obdobju približno 25 let, PSE Družmirje pomembna energetska pridobitev, ki se kasneje lahko enostavno odstrani, jezero pa po odstranitvi v celoti nameni za druge rabe.

S ciljem rabe sončne energije na trajnosten in učinkovit način, z najmanjšimi možnimi vplivi na ekosistem jezera in zagotovitvijo pogojev za realizacijo občinskih razvojnih programov ob Družmirskem jezeru, so z DPN opredeljeni pogoji za nadaljnje načrtovanje in projektiranje. To so med drugimi:

- največ do 50% dopustna pokritost vodne površine Družmirskega jezera v letu 2024 s plavajočo konstrukcijo;
- postavitev plavajoče konstrukcije nad globlji del jezera;
- enostavna konstrukcija, ki zagotavlja minimalni stik z vodno gladino (do 20%) in takšno postavitev modulov, da je omogočeno čim večje presevanje sončne svetlobe in kroženje zraka med gladino jezera in moduli;
- postavitev plavajoče konstrukcije na način, da se, kadar to dopušča globina jezera in prevladujočo smer vetra, zagotovijo vmesni nepokriti razmiki ;
- nedopustna postavitev plavajoče konstrukcije v litoralnem 40-metrskem pasu jezera in s čim večjim odmik od območja vtoka Velunje (območji, ki sta z vidika naravovarstva in ekologije jezera najpomembnejši);
- z mejami med točkami v naravi so opredeljene jasne skrajne meje plavajoče konstrukcije od jugozahodnega, zahodnega in severozahodnega dela jezera, s čimer se zagotovi realizacije občinskih razvojnih projektov ob Družmirskem jezeru;
- dopustno sidranje na obalo jezera le ob južni, vzhodni in severovzhodni obali, zaradi specifičnosti spreminjajočega se terena pa je projektiranje nujno pogojeno s sodelovanjem strokovnjakov iz geologije in geomehanike ter rudarstva;
- obvezna uporaba inertnih, za akvakulturo in vodno okolje prilagojenih ter ognjevarnih materialov;
- dopustno čiščenje izključno z vodo;
- brez poseganja v lokacije podeljenih vodnih pravic;
- celovito in premišljeno urejanje obvodnega in priobalnega pasu z zasaditvami in drugimi ureditvami (minimalno poseganje v 10-metrski priobalni pas) za ohranjanje in izboljšanje hidromorfoloških razmer jezera.



Slika 2: Prikaz območja energetskih ureditev (leva slika) in krajinsko-rekreacijskih ureditev (desna slika), HSE Invest, september 2025



Slika 3: Prikaz tehnologije sidranja v dno in primer sidranja v brežine z zagatnicami na PSE Graffenworth v Avstriji, Special features - ZIMMERMANN PV-Floating, marec 2025, arhiv HSE Invest, oktober 2024

Celovita presoja vplivov na okolje

Skladno z zakonom, ki ureja prostor, je za vsak DPN treba izvesti celovito presojo vplivov na okolje, ki se zaključi z mnenjem o sprejemljivosti plana. Za potrebe celovite presoje vplivov na okolje je za DPN za PSE Družmirje okoljsko poročilo izdelalo podjetje Matrika ZVO d.o.o.

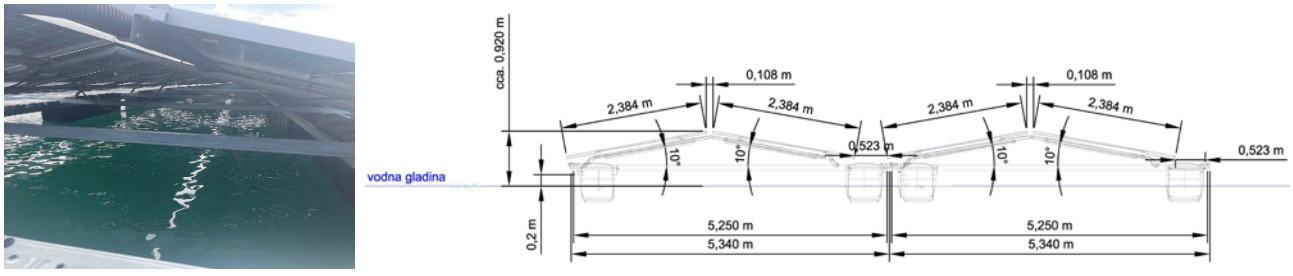
Zaradi kompleksnosti ureditev, nujne previdnosti pri poseganju na občutljivo vodno telo in sukcesijskem razvoju podvrženega priobalnega pasu jezera je bil potreben zelo zahteven interdisciplinarni pristop, v okviru katerega je bilo za potrebe izdelave okoljskega poročila izdelanih več kot dvajset strokovnih podlag. Izvedene so bile presoje vplivov na površinske in podzemne vode, različne segmente narave in krajine, tla, podnebne spremembe, svetlobno onesnaženje ter druge vplive. V nadaljevanju se osredotočamo predvsem na presojo in oceno vplivov na vode.

Na podlagi izdelanih projektnih rešitev in zaključkov strokovnih podlag, ki so obravnavale vpliv posega na ekološko in kemijsko stanje vode, termiko jezera in hidrološko-hidravlične razmere, je bila v okoljskem poročilu za področje voda podana ocena C – nebistven vpliv ob upoštevanju omilitvenih ukrepov. Za zagotovitev sprejemljivosti vpliva PSE Družmirje na površinske vode bo treba upoštevati najmanj naslednje:

- izvedba PSE skladno z najvišjimi evropskimi okoljskimi in tehničnimi standardi,
- umestitev PSE v globlji del jezera, izven litoralnega 40-metrskega pasu,
- sidranje na način, da bo stik z dnom jezera minimaliziran (ob upoštevanju geološko-geomehanskih razmer in zahtev varnosti obratovanja);
- največ 20 % stika plavajoče konstrukcije z vodno gladino;
- izvedba plavajoče konstrukcije, ki omogoča vsaj delno presevanje sončne svetlobe tudi med deli konstrukcije;
- členitev plavajoče konstrukcije v več ločenih segmentov z vmesnimi nepokritimi koridorji, ki bodo omogočili ohranitev naravne izmenjave temperature, svetlobe in kisika.

Ob upoštevanju navedenih pogojev bodo ključne ekološke funkcije v plitvem delu jezera ohranjene, potencialni vplivi na senčenje, temperaturo vode, manjšo svetlobno dostopnost, delno pa tudi na splošno fizikalno-kemijske in biološke elemente vode ter hidrodinamiko pa so ocenjeni kot prostorsko omejeni in obvladljivi.

Za s planom načrtovane prostorske ureditev je bilo ocenjeno, da vpliva na podzemno vodo, predvsem ob doslednem upoštevanju vseh potrebnih previdnostnih ukrepov med gradnjo PSE, ne bo. Dokazana je tudi poplavna varnost in odpornost naprave, prav tako pa izvedba ne bo poslabšala poplavne varnosti širšega območja.



Slika 4: Prikaz variantne možnosti izvedbe plavajoče konstrukcije, ki je sprejemljiva z vidika varstva voda, arhiv HSE Invest, oktober 2024, HSE Invest, februar 2025

Za nadzor nad stanjem jezerske vode je predvideno obvezno spremljanje stanja ključnih parametrov v vodi (temperatura, raztopljeni kisik, prosojnost, hranila, posebna onesnaževala, fitoplankton, makrofiti, bentoški nevretenčarji, ribe). V primeru poslabšanja kisikovih razmer je pogojevano, da se za izboljšanje stanja zagotovijo enostavni tehnični aeracijski ukrepi.

S ciljem preprečitve poslabšanja stanja voda bo treba upoštevati tudi druge usmeritve študije vpliva na površinske vode, in sicer izvajati ureditve s ciljem popestritve hidromorfološkega stanja obrežja jezera, gradnjo prilagoditi času ribje drsti, sproti obnavljati rastlinstvo obrežnega pasu, izvajati redne preglede celotne plavajoče konstrukcije za zmanjšanje tveganja požara, pri gašenju pa uporabljati vodo ali CO_2.

Vplive športno-rekreativnih dejavnosti na površinske vode bo mogoče zmanjšati z omejitvijo uporabe plovil na človeški pogon ter z zagotovitvijo urejenih dostopov do vode. Raba električnih plovil z nizkim ugrezom bo dopuščena le izjemoma - za potrebe izvajanja dejavnosti ribiške družine, vzdrževanja PSE Družmirje in intervencijo.

Iz izdelanega okoljskega poročila izhaja, da se z DPN za PSE Družmirje načrtujejo ureditve, ki bodo hkrati varovale naravo in ohranjale vodno ravnovesje površinskih in podzemnih voda, in da bo s predvidenimi ukrepi preprečeno njihovo poslabšanje. Obrežni pas ostaja varovan habitat makrofitov, dvoživk in obvodnih ptic, z izjemo določenih lokacij, kjer so predvideni urejeni dostopi do vode za namen rekreativne rabe.

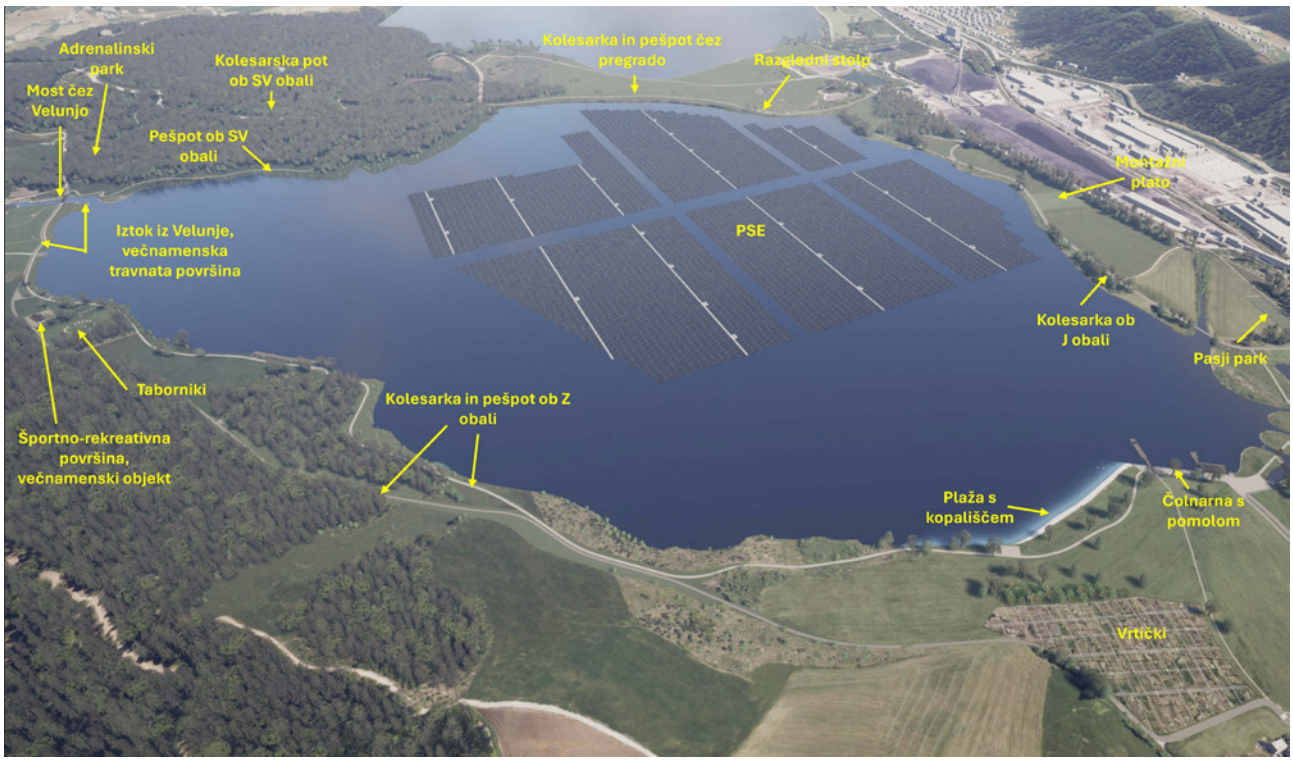
Varnost

V javnosti se velikokrat pojavlja vprašanje ali bo z izvedbo vseh s planom načrtovanih ureditev zagotovljena varna souporaba jezera, kar lahko pomembno vpliva na stopnjo družbene sprejemljivosti projekta.

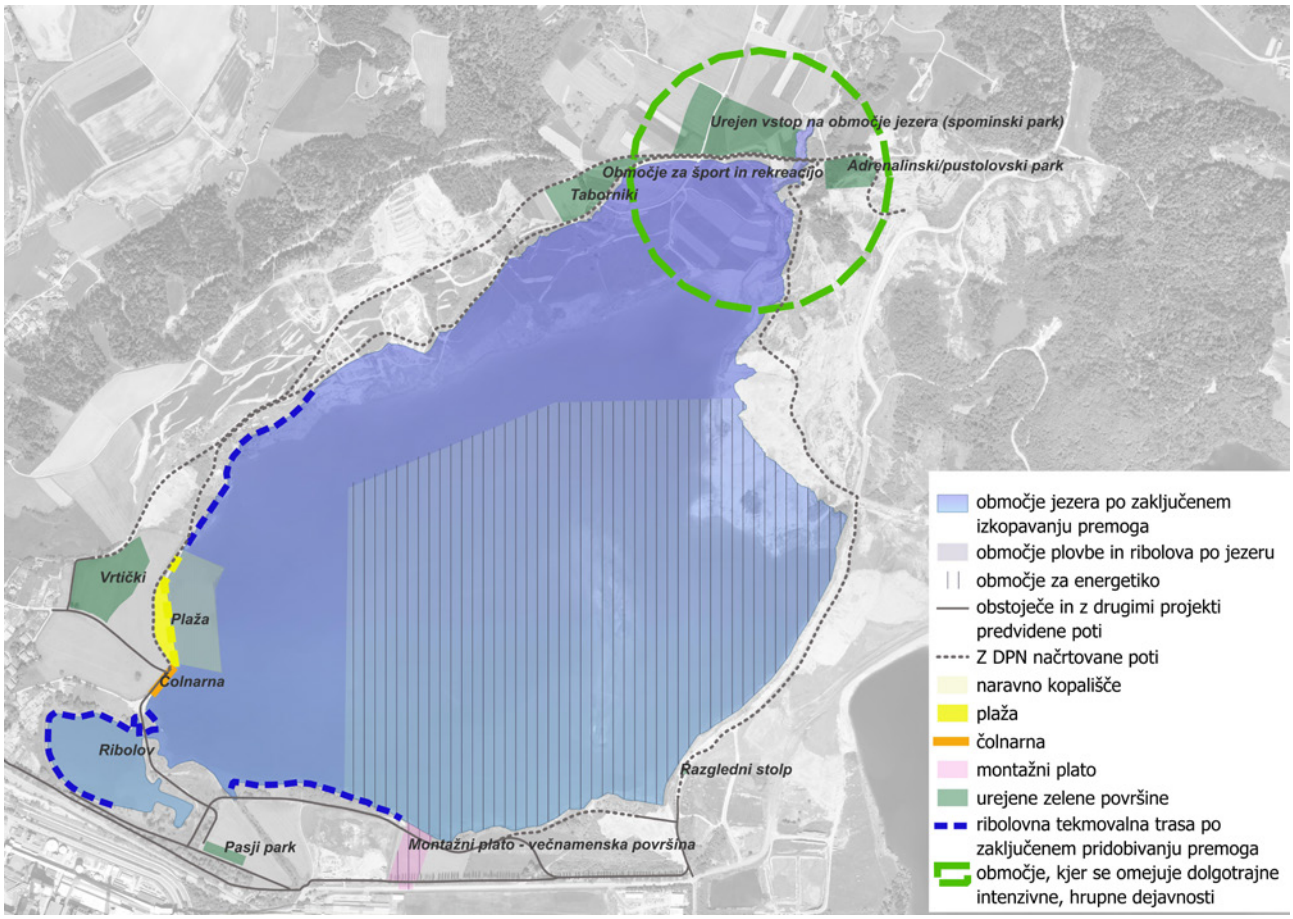
Dejstvo je, da morajo biti vse fotonapetostne naprave, vključno s plavajočimi fotonapetostnimi napravami, načrtovane in izvedene v skladu z veljavno slovensko in mednarodno zakonodajo in ustreznimi standardi. V primeru pravilne izvedbe, ob izvajanju rednih pregledov in vzdrževanja fotonapetostne naprave ne morejo povzročiti nevarnega stanja v okolju. Da bo PSE varna za okolje, bo treba to dokazati v postopku dovoljevanja oziroma pridobitve dovoljenja za sidranje in privez, ko bo za certificiranje vključen pristojni usposobljeni certifikacijski zavod.

V okviru postavitve PSE bodo vzpostavljeni zaščitni ukrepi za preprečevanje nepooblaščenega dostopa do elektroenergetske naprave ter nameščena ustrezna opozorilna signalizacija. Na ta način bo, ob doslednem upoštevanju opozoril, zagotovljena varna raba vodne površine.

Ob postavitvi PSE bodo na jezeru zagotovljeni pogoji za varno souporabo jezera za različne dejav-



Slika 5: Prikaz razporeditve rab oz. dejavnosti na območju Družmirskega jezera po zaključenem izkopavanju premoga, avtor: Logon, maj 2025



Slika 6: Predloga coniranja območja Družmirskega jezera, HSE Invest, junij 2025

nosti. V obstoječem stanju, ko se na območju odvijata predvsem premogovništvo (nekaj sto metrov pod zemljo) in ribištvo, do nezdružljivosti oziroma konfliktnosti rab ob manjših prostorskih prilagoditvah ne bo prišlo.

Po končni stabilizaciji terena, ko bo možno izvajati tudi različne športno-rekreativne dejavnosti (npr. kopanje, čolnarjenje z različnimi plovili) v vodi, bo treba večjo pozornost nameniti izobraževanju in osveščanju javnosti, zlasti o razumevanju in spoštovanju zahtev različnih uporabnikov v posameznih obdobjih leta. K zagotovitvi varne rabe jezerske površine bi lahko pomembno pripomogla tudi vzpostavitev plovbnega režima oziroma coniranje jezera.

Zaključek

DPN za PSE Družmirje predstavlja večnamenski in celovit razvojni projekt, ki poleg izgradnje energetskega objekta vključuje tudi celovito urejanje širšega območja. Na prostoru, preoblikovanem zaradi premogovništva, ustvarja nove, med seboj sinergijsko povezane priložnosti – tako na področju energetske samozadostnosti kot tudi družbene, izobraževalne in rekreativne vrednosti prostora. Namen plana je torej jasno razvojno naravnan: omogočiti umeščanje sodobne trajnostne tehnologije ob hkratni skrbi za okolje in vključevanju koristi za lokalno prebivalstvo.

Projekt PSE Družmirje potrjuje, da jeob upoštevanju značilnosti vodnega telesa in premišljenemu načrtovanju mogoče vodne površine uporabiti tudi venergetske namene, pri tem pa ohraniti stabilen vodni ekosistem. Ob tem je bilo nujno zagotoviti interdisciplinarno sodelovanje strokovnjakov iz različnih področij ter v sodelovanju z nosilci urejanja prostora in lokalno skupnostjo uskladiti zahteve in pričakovanja, s ciljem doseči prostorsko, okoljsko, družbeno in ekonomsko sprejemljivost projekta.

Viri/Citati

- Plavajoča sončna elektrarna Družmirje, IDZ, HSE Invest d.o.o., št. projekta: 8991/2024, februar 2025
- Plavajoča sončna elektrarna Družmirje - študija variant/ utemeljitev rešitve, HSE Invest d.o.o., št. projekta: HIDJ-8991/2024, september 2025
- Plavajoča sončna elektrarna Družmirje – Državni prostorski načrt za plavajočo sončno eletrarno Družmirje (predlog), št. projekta: HIDJ-8991/2024, september 2025
- Okoljsko poročilo za državni prostorski načrt za plavajočo sončno elektrarno Družmirje, Matrika ZVO, št. projekta OP_35.25, september 2025
- Ocena vpliva PSE Družmirje na ekološko in kemijsko stanje Družmirskega jezera, LIMNOS d.o.o., Podjetje za aplikativno ekologijo, številka naročilnice: 225/24, marec 2025
- Vizualizacije, Logon, maj 2025
- Prikaz in utemeljitev kompatibilnosti načrtovanih rab na in ob Družmirskem jezeru (DPN PSE Družmirje), HSE Invest d.o.o., št. projekta: HIDJ-8991_27/2025, junij 2025
- Zakon o urejanju prostora (ZUreP-3) (Uradni list RS, št. 199/21, 18/23 – ZDU-1O, 78/23 – ZUNPEOVE, 95/23 – ZIUOPZP, 23/24, 109/24 in 25/25 – odl. US)
- Zakon o uvajanju naprav za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov energije (Ur. l. RS, št. 78/23 in 95/24) (v nadaljevanju: ZUNPEOVE)
- Zakon o vodah (Ur. l. RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15, 65/20, 35/23 – odl. US, 78/23 – ZUNPEOVE in 52/24 – odl. US) (v nadaljevanju ZV -1)
- https://pv-floating.com/ (oktober 2025)
- Portal Prostor Geodetske uprave RS - E-prostor (oktober 2025)

UREDITEV SAVINJE ZA ZAGOTAVLJANJE POPLAVNE VARNOSTI OD MALIH BRASLOVČ DO LOČICE OB SAVINJI – V IZVAJANJU

Urban Jakop, mag. inž. ok. grad., VGB MARIBOR d.o.o., Glavni trg 19c, 2000 Maribor

Timotej Mišič, MsC(GIS), VGB MARIBOR d.o.o., Glavni trg 19c, 2000 Maribor

Povzetek

Na podlagi DPN (*Uredba o državnem prostorskem načrtu ureditev Savinje za zagotavljanje poplavne varnosti urbaniziranih območij od Ločice ob Savinji do Letuša, Ur.l. RS št. 103/10 in 3/17*) in izdelanega idejnega projekta (**št. 763-FR/08, Inženiring za vode, d.o.o., september 2009**) je bila v letu 2024 izdelana projektna dokumentacija DGD, PZI in IzN (izvedbeni načrt). Ta dokumentacija, ki predstavlja podlago za izvedbo del, povzema in nadgrajuje protipoplavne ter druge vodnogospodarske ureditve iz DPN na odseku reke Savinje med Malimi Braslovčami in Ločico ob Savinji (faza 1). Glavni cilj načrtovanih ukrepov in ureditev je izboljšati poplavno varnost urbaniziranih območij ter zmanjšati erozijske procese v strugi Savinje.

V maju 2025 je izbrani izvajalec Nivo Eko s partnerji začel izvajati dela na reki Savinji v okviru projekta DPN. V članku predstavljamo doslej izvedene ureditve in aktivnosti (stanje do oktobra 2025). S pomočjo slikovnega gradiva prikazujemo primerjave stanja pred in po izvedbi na že zaključenih oziroma delno izvedenih odsekih. V drugem delu članka pa obravnavamo izzive in težave, s katerimi smo se pri izvedbi projekta že srečali – teh je zaradi kompleksnosti in obsežnosti projekta kar precej.

Uvod

V okviru projekta so predvidene ureditve na več kot 7 km dolgem odseku reke Savinje in na približno 1,8 km dolgem odseku razbremenilnika Ložnice. Glavnino del predstavljajo zemeljska dela. Med njimi so razširitve struge Savinje s formiranjem novih brežin (skupno približno 4,8 km na levem in desnem bregu), aktivacija in odstranitev prodišč, gradnja novih nasipov in sanacija ter nadvišanje obstoječih nasipov (v skupni dolžini okoli 2,95 km).

Del projekta zajema tudi zavarovanje in utrjevanje novo oblikovanih brežin, ki vključuje tudi izvedbo več sistemov kaštnih jezbic (skupno 42 jezbic). V sami strugi bo zgrajenih šest stabilizacijskih pragov z ribjimi stezami. Pomemben del predstavlja tudi večja zasaditev obrežja, ki bo izvedena v skladu z načrtom krajinske arhitekture.

Izvajalec je območje gradnje razdelil na več odsekov, ki so podrobneje predstavljeni v naslednjem poglavju. Na vsakem odseku se najprej izvedejo obsežna pripravljalna dela, ki obsegajo **čiščenje in odstranjevanje zarasti na območju posega, ureditev dostopnih poti in zakoličbo prečnih profilov.**

Splošna organizacija dela in razdelitev objekta

Zaradi lažje organizacije in razdelitve del se je celoten projekt razdelil na 6 smiselnih in celovitih enot - slika 1.

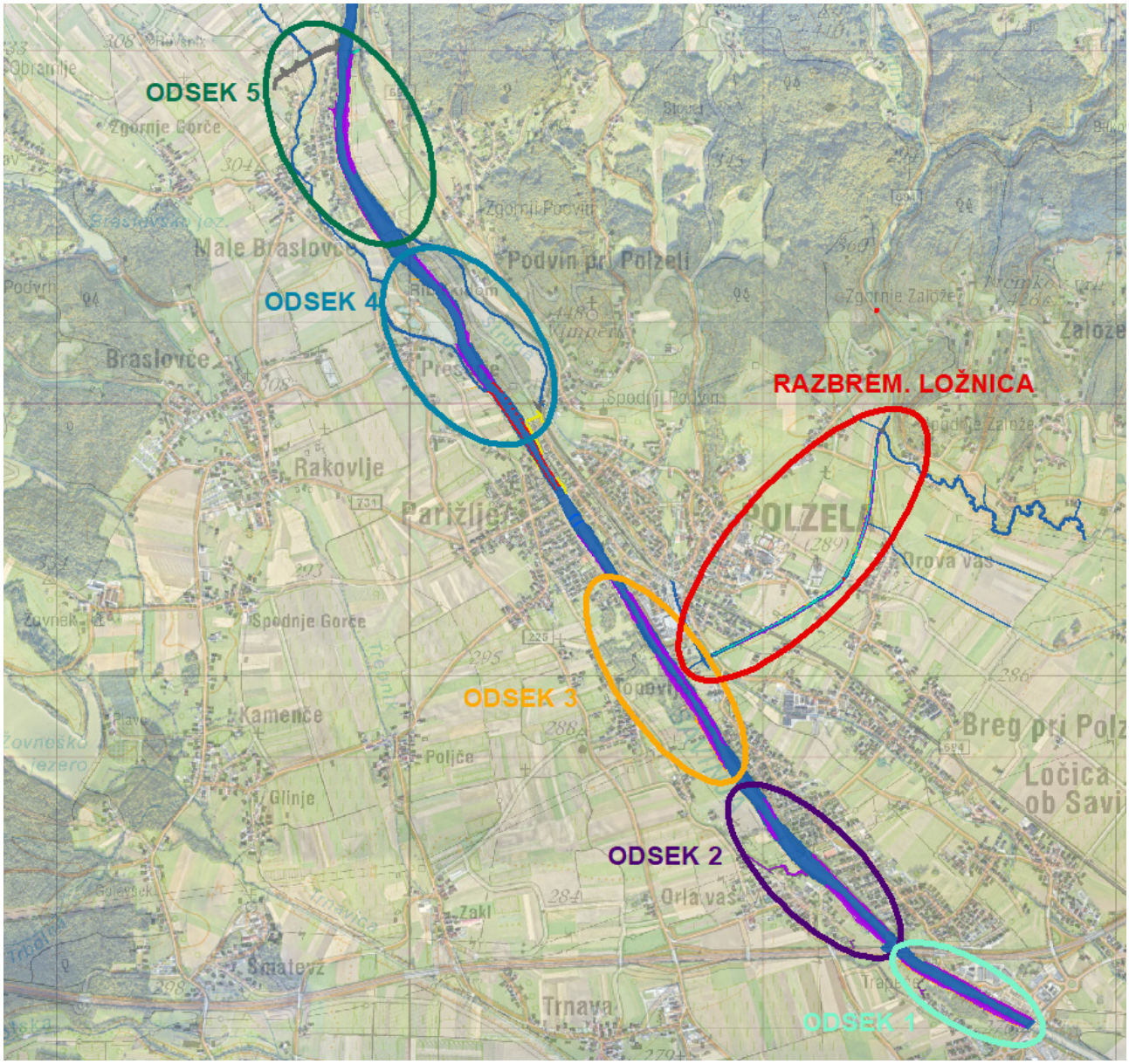
- ODSEK 1 – odsek med mostovoma na Savinji (most na regionalni cesti in avtocestni most);
- ODSEK 2 – odsek od mostu čez Savinjo na avtocesti do konca načrtovanega sistema sedmih jezbic na desnem bregu (območje Orle vasi na desnem in Brega pri Polzeli na levem bregu);
- ODSEK 3 – odsek, kjer se je Savinja najbolj poglobila (od Brega pri Polzeli vse do Pariželj);
- ODSEK 4 – odsek gorvodno od Pariželjskega mostu do Podvinskega jezu;
- ODSEK 5 – odsek od Podvinskega jezu do konca meje obdelave, vključno z izvedbo uvajalnega nasipa Male Braslovče;
- ODSEK razbremenilnika Ložnice – celotna trasa do razdelilnega objekta.

Dela trenutno intenzivno potekajo na odsekih 3, 4 in 5. V nadaljevanju je narejen pregled za vsak posamezen odsek.

Pregled izvedenih del

Na vseh odsekih, kjer trenutno potekajo aktivnosti, je še vedno aktivno gradbišče. Dela so v izvajanju, zato trenutne razmere ne predstavljajo končnega stanja.

Fotografije, uporabljene za primerjavo pred izvedbo del, so bile posnete pred poplavo avgusta 2023 in zato ne prikazujejo dejanskega stanja vodotoka pred posegi.



Slika 1: Razdelitev projekta na odseke.

Odsek 3

Na odseku tri so dela usmerjena predvsem na razširitve brežin in gradnjo stabilizacijskih pragov. Z razširitvijo struge povečamo njen pretočni profil in upočasnimo tok visokih vod, kar zmanjša erozijsko moč reke. Stabilizacijski pragovi pa preprečujejo nadaljnje poglabljanje dna Savinje. Njihova naloga je, da gorvodno zadržijo prodni material, s čimer se dno stabilizira. Takšna zaproditev dna bo imela več pozitivnih učinkov na stanje struge in obrežja.



Slika 2: Pred izvedbo odsek 3 (pogled gorvodno)



Slika 3: Pred izvedbo odsek 3 (pogled gorvodno)



Slika 4: V času izvedbe odsek 3.



Slika 5: V času izvedbe odsek 3.



Slika 6: Delno izveden prag/stopnja na odseku 3.



Slika 7: Izvedena ribja steza.

Na večjem delu odseka brežine še niso oblikovane in dokončno urejene. Slediti mora še humuziranje in zatravitev brežin. Po zaključku vseh del je na tem odseku predvidena tudi zasaditev brežin, ki bo dopolnila končni izgled novo oblikovane struge Savinje.

Delno je na tem odseku zgrajenih tudi že nekaj pragov (slika 6 in slika 7). Prag bo izveden na način, da kota krone praga rahlo pada v smeri proti ribji stezi. S tem dosežemo, da se tok koncentrira v območju ribje steze, kjer se ob naraščanju pretoka začne tudi najprej prelivati preko krone. Vsi pragovi so načrtovani tako, da je ribja steza in koncetriranje toka ob desnem bregu vodotoka, kjer imamo tudi večjo osenčenost.

V sklopu ureditve pragov je treba izvesti še pahljačasto drčo (lokacija nakazana z rdečo puščico na sliki 6) in zavarovati tolmun, ki bo, vsaj tako se pričakuje, nastal pod pragom.

Odsek 4

Na odseku 4 so dela prav tako usmerjena pred-



Slika 8: Pred izvedbo odsek 4 pod Podvinjskim jezom (pogled dolvodno)



Slika 9: Odsek 4 v času izvedbe (foto: NIVO eko)

vsem na razširitev in formiranje novih brežin. Pomemben del izvedbe na odseku 4 predstavlja tudi gradnja sistemov kaštnih jezbic. Glavni namen jezbic je preusmerjanje matice toka vode in s tem zmanjševanje bočnih pritiskov v zavojih na zunanje, konkavne brežine.

Sistem jezbic je bil projektiran in vgrajen na podlagi določenih parametrov: razdalja med jezbicami, višina in dolžina posamezne jezbice ter usmerjenost (30 stopinj glede na pravokotnico proti toku vode – slika 9). Parametre, ki so ključnega pomena za dobro delovanje sistema jezbic, smo določili na podlagi strokovne literature in so odvisni od tipa vodotoka in same geometrije struge. Jezbice se načrtujejo tudi na odseku, ki je na sliki 9 označen z rumeno črto.



Slika 10: Kaštna jezbica na levem bregu – odsek 4 (pogled dolvodno).

Glede na potrebno višino jezbice (cca. 1 m nad načrtovano teoretično niveleto) smo načrtovali tri različne tipe. Ogrodje jezbice predstavljajo lesene oblice. Jezbica je v podlago zaklinjena z lesenimi piloti s kovinskimi čepi ter dodatno utrjena/zasidrana v brežino. Zapolnjena je z lomljencem različnih dimenzij. Obod kašte je dodatno zavarovan z zaklinjenim lomljencem večjih dimenzij.

Odsek 5

Odsek 5 predstavlja najbolj gorvodni del projekta. Na levem bregu Savinje poteka razširitev brežine z izvedbo v položnejših naklonih. Na desnem bregu se izvaja sanacija in nadvišanje nasipa vzdolž naselja Male Braslovče. Zaradi omejenega prostora se na krajšem odseku izvaja visokovodni armiranobetonski zid. V izvedbi je tudi zaščita najbolj izpostavljenega dela brežine z betonskim podpornim zidom v dolžini približno 150 m. Ureditve se gorvodno zaključujejo z izvedbo večjega prečnega uvajalnega nasip, ki preprečuje vdor poplavnih vod v naselje in jih usmerja nazaj v strugo Savinjo.

Razširitev leve brežine je na krajšem odseku izvedena tudi preko obstoječega nasipa. Z znižanjem prelivnega roba na levi brežini in z nadvišanjem



Slika 11: Pred izvedbo odsek 5 (slikano dolvodno proti Podvinjskemu jezu). Na desnem bregu naselje Male Braslovče.



Slika 12: Odsek 5 v času izvedbe (slikano gorvodno od Podvinjskega jezu) (foto: NIVO eko).



Slika 13: odsek 5 - izvedena položna brežina na levem bregu in visokovodni zid na desnem (pogled gorvodno).

nasipa in zidu na desni brežini se omogoči, da se viški poplavnih vod ob visokih pretokih razbremenjujejo v inundacijo na levem bregu Savinje. Na ta način intenziviramo poplavno/razlivno območje, ki obsega predvsem kmetijske površine in travnike ter sega vse do naselja Polzela.

Izzivi pri izvajanju gradbenih del

Med izvajanjem projekta smo se doslej soočali z več izzivi, ki so tako ali drugače vplivali na potek in dinamiko gradnje. V nadaljevanju so predstavljene posamezne težave in njihovo reševanje.

Spremembe v obliki rečne struge in brežin

Po poplavah avgusta 2023 se je struga Savinje na večjem delu obravnavnega odseka močno preoblikovala. Za potrebe projektiranja je zato bil po poplavah (oktober 2023) narejen nov geodetski posnetek celotnega 7 km dolgega odseka Savinje.

Med fazo projektiranja in začetkom izvedbe je zaradi načetih brežin in rečne dinamike prišlo do dodatnih erozijskih zajed in odnašanja brežine. Zato so se že med zakoličbo na posameznih mestih pokazala odstopanja obstoječega terena od terena, na katerega so bile projektirane ureditve. Izvedbo je bilo zato potrebno marsikje prilagajati na dejansko stanje.

Največje odstopanje se je do sedaj pokazalo na levem bregu odseka 4, kjer poteka gradnja sistema jezbic. Zaradi dodatne erozije in odnašanja brežine se posamezne jezbice glede na zakoličbene točke niso stikale z brežino – nastal je vmesni prostor med jezbico in brežino (slika 15). Rešitev smo prilagodili tako, da smo jezbice podaljšali, jih zaklinili v brežino in dodatno sidrali s kovinskimi profili.

Geološka sestava podlage in brežin

V okviru projekta so bile predvidene tudi nekatere aktivnosti, katerih izvedba je bila pogojena z geološko sestavo tal in brežin

Mestoma je bila v projektu načrtovana izvedba brežin s strmimi nakloni, oblikovanimi z zasekom v konglomerat. Takšen način izvedbe brežine (slika 16) skupaj z dodatnimi ureditvami na brežini predstavlja ugodno možnost za vzpostavitev habitata vodomca. Med izvajanjem del pa je bilo tudi

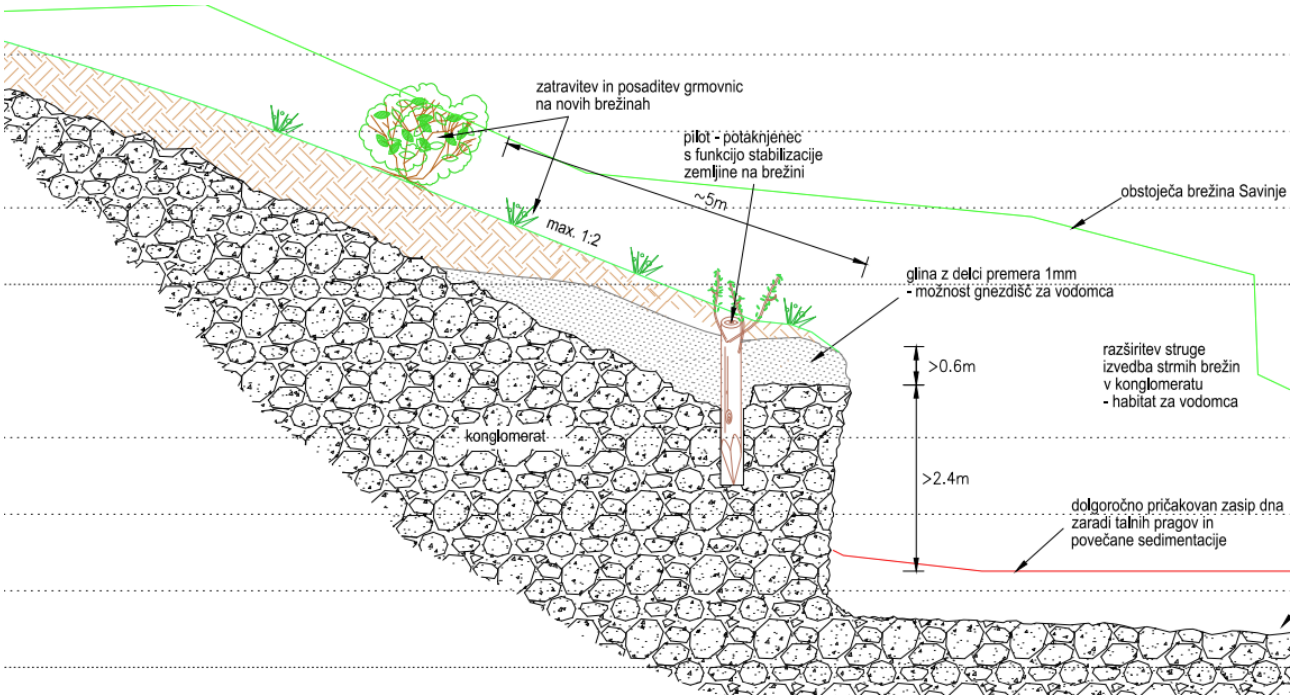


Slika 14: Osek 5 – Razširitev leve brežine preko obstoječih nasipov in izvedba v položnem naklonu, zavarovanje odseka desne brežine s kamnito betonsko zložbo (pogled gorvodno).



Slika 15: Postavitev jezbice glede na zakoličbene točke.

na podlagi geološkega ogleda in poročila ugotovljeno, da geološka sestava na širšem delu območju ni ustrezna za tak tip izvedbe, saj konglomerat pri strmih naklonih ne zagotavlja stabilnosti. Zato so bile brežine na teh odsekih prilagojene skladno z ugotovitvami geološkega poročila.



Slika 16: Karakt. prerez za izvedbo strmih brežin v konglomeratu - potencialni habitat za vodomca.

Na območju nekaterih evidentiranih prodišč, kjer je bila v sklopu projekta načrtovana njihova aktivacija in delna odstranitev, je bilo pri izvedbi prav tako ugotovljeno, da sestava materiala ni povsem prodnata. Na posameznih odsekih se je pojavljal bolj meljast in sipek material. Tu so se rešitve prilagodile na način, da se je evidentirano prodišče v celoti odstranilo do načrtovane nivelete struge Savinje v profilu. Ves izkopani material je bil odstranjen iz območja struge Savinje, saj takšna sestava ni primerna za zaprojevanje in stabilizacijo nivelete.

Identificirani odpadki v območju izkopa

Med izkopi so bili v brežinah odkriti različni gradbeni in drugi odpadki, ki v fazi priprave podlag za projektiranje niso bili evidentirani. Material z odpadki je izvajalec odstranil in prepeljal na ustrezno deponijo. Izvajalec je moral za odpadke pridobiti tudi prevzemne liste.

Na območjih , kjer so bili najdeni odpadki, so se po potrebi določile in izvedle nove tehnične rešitve (dodatno zavarovanje brežine ...). Vse te manjše, nepričakovane najdbe, vplivajo na dinamiko in organizacijo dela

Vremenske nevšečnosti

Ker izvedba projekta v veliki meri vključuje posege neposredno v strugo Savinje (pragovi, obrežna zavarovanja, jezbice...), je potek gradnje odvisen tudi od pretočnih razmer v vodotoku. Daljša obdobja deževja so večkrat povzročila povišan pretok in gladino Savinje, kar je začasno onemogočil nadaljevanje gradnje.

Višji pretoki Savinje so na levem bregu odseka 4 povzročili tudi usad dostopne poti, ki jo izvajalec uporablja za dostop na gradbišče. Usad se je zgodil na območju še ne dokončno oblikovane in utrjene brežine nad sistemom jezbic.

Na posameznih krajših odsekih, kjer so brežine že dokončno oblikovane, se je pričelo s humuziranjem. Zaradi neugodne podlage je ob močnejšem deževju prišlo do delnega spiranja oziroma odnašanja humuzne plasti. Dodatne težave povzročajo tudi manjši izviri vode (podtalnica), ki se pojavljajo



Slika 17: Odkriti odpadki po posegu v brežino Savinje – levi breg odsek 4.

predvsem na odseku 3 (levi in desni breg). Potreben bo določen čas, da se humuzna plast sprime s podlago in jo utrdi rastlinska vegetacija.

Drugo

Tekom gradnje so se na določenih odsekih pojavili vodi, ki v fazi izdelave geodetskega posnetka niso bili zaznani in niso evidentirani v slojih GJI. Tako so se pri predpripravi terena na območju načrtovanega kamnito betonskega podpornega zidu (desni breg odsek 5) pojavile številne manjše cevi, verjetno iztoki meteornih/površinskih vod iz parcel posameznih objektov. Sprejeta je bila rešitev, da se iztoke podaljša skozi podporni zid in se jih v primeru, da je kota iztoka pod koto gladine Q100 Savinje, opremi tudi s proti povratnimi loputami.

Na območju uvajalnega nasipa Male Braslovče se je točno pod zemeljskim nasipom pojavil neevidentiran vod in jašek namakalnega sistema. Izvajalec je skupaj z upravljalcem namakalnega sistema jašek prestavil izven območja nasipa.

Zaključek

Na območju med Malimi Braslovčami in Ločico ob Savinji trenutno potekajo intenzivna dela za zagotovitev večje poplavne varnosti urbaniziranih območij. V okviru projekta so predvidene tudi ureditve na razbremenilnem kanalu Ložnice, ki bodo dodatno prispevale k učinkovitemu odvajanju visokih vod.

Gradnja poteka skladno s projektno dokumentacijo, ob tem pa se rešitve sproti prilagajajo glede na dejanske razmere na terenu, ob potrditvah in tehnični podpori projektanta.

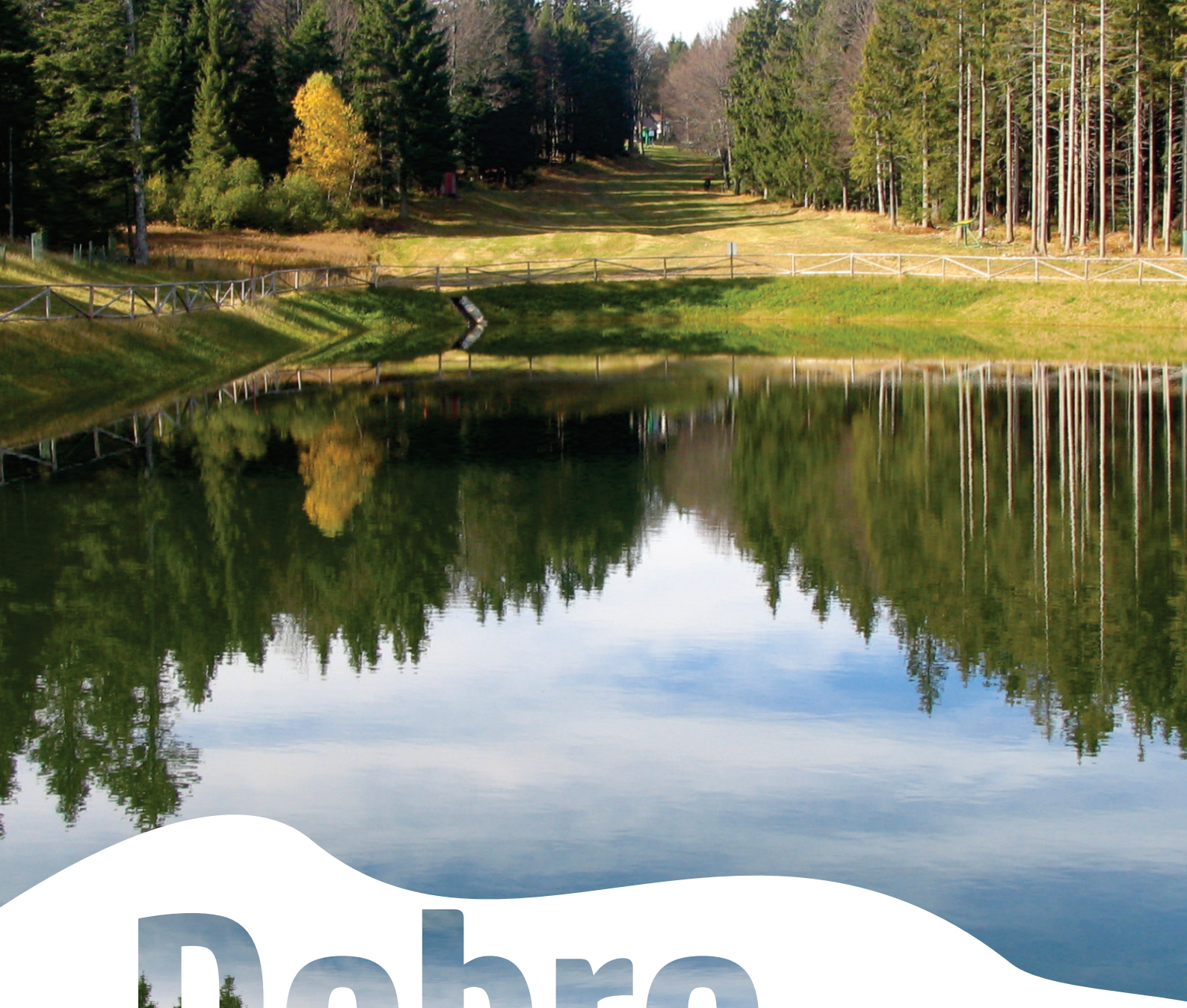
Ker projekt obsega obsežne posege v brežine Savinje in obvodno rastje, se bo pravi učinek in izgled ureditev pokazal šele čez nekaj let. Takrat se bodo brežine zatravile in ponovno ozelenele ter s tem tudi dodatno stabilizirale. Poleg izboljšanja poplavne varnosti takrat pričakujemo tudi izboljšanje ekološkega ravnovesja območja in ohranitev naravnega značaja reke.





Janšekov graben - desni pritok Meže
Proti zaledju so struge vse bolj naravno ohranjene, a erodirane in polne podrtega drevja.
Foto: Milan Kobal

Reklamni oglasi



Dobro

za naše okolje

Področja naše dejavnosti:

- Urejanje voda in upravljanje z vodami
- Kmetijstvo in razvoj podeželja
- Ekologija
- Komunala
- Hidrotehnični objekti
- GIS in vizualizacije
- Krajinska arhitektura

www.vgb.si

VODNOGOSPODARSKI BIRO MARIBOR d.o.o.

www.**vgp-drava**.si

- NAČRTOVANJE
- IZVAJANJE
- VZDRŽEVANJE
- vodnih objektov
- komunalne hidrotehnike
- objektov varstva okolja

DRAVA 70 let

VODNOGOSPODARSKO PODJETJE PTUJ, d.o.o.

Glej zeleno
Delaj modro

| Ptuj | Ravne na Koroškem | Ilirska Bistrica | Koper |
| Slovenija | Hrvaška | Srbija | Črna gora |

Žnidaričevo nabrežje 11, 2250 Ptuj
E-mail: info@vgp-drava.si
Telefon: 02 787 50 00

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA NARAVNE VIRE IN PROSTOR

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA NARAVNE VIRE IN PROSTOR

DIREKCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA VODE

DRUŠTVO VODARJEV SLOVENIJE

IRGO

IRGO je neodvisna skupina svetovalnih inženirjev, specializiranih za načrtovanje posegov v podzemni prostor.

S svojim delom oblikujemo naše okolje in ga varujemo.

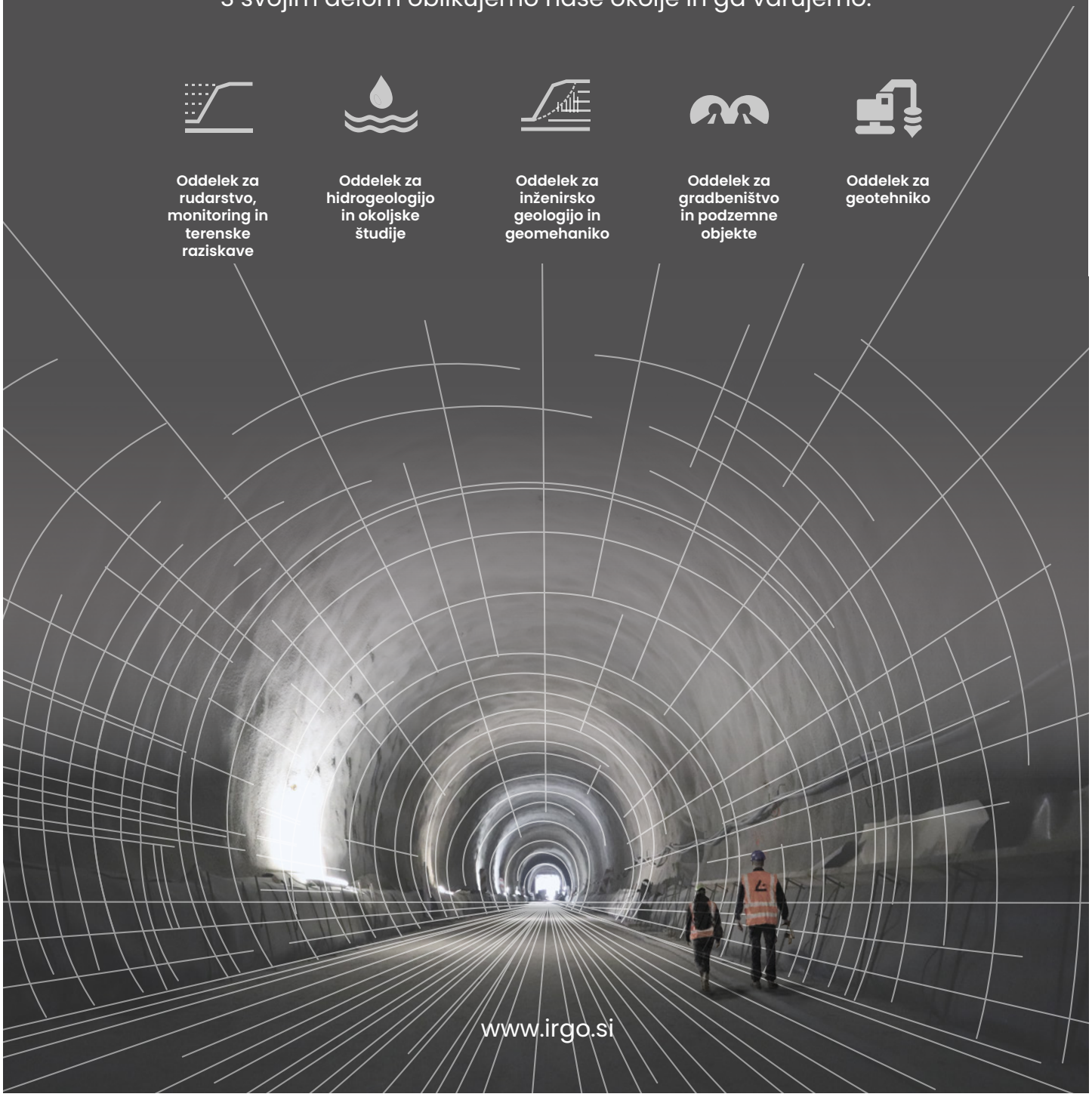
Oddelek za rudarstvo, monitoring in terenske raziskave

Oddelek za hidrogeologijo in okoljske študije

Oddelek za inženirsko geologijo in geomehaniko

Oddelek za gradbeništvo in podzemne objekte

Oddelek za geotehniko



www.irgo.si

Hidrotehnik

Vodnogospodarsko podjetje d.o.o.





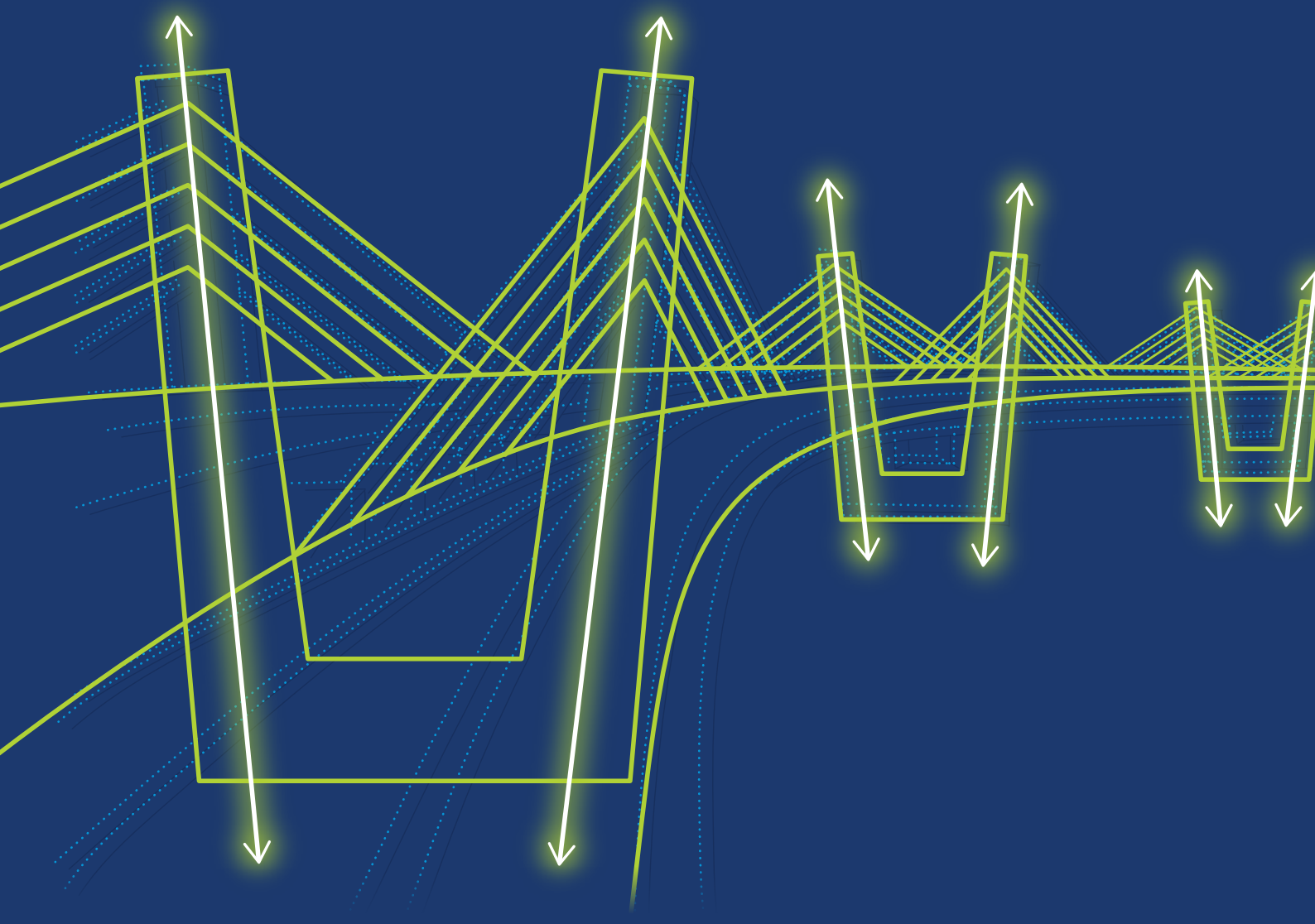




INŽENIRSKA ZBORNICA SLOVENIJE
JARŠKA CESTA 10B
1000 LJUBLJANA
SLOVENIJA

USTVARJAMO TRAJNOSTNO PRIHODNOST

ZELENO. VARNO. DIGITALNO.





NARAVA NAM DAJE POSPEŠEK

Z energijo vode zmagamo vsi.

dem
Dravske elektrarne Maribor

POSPEŠENO V ZELENO

Skupina hse

Dravske elektrarne Maribor d. o. o., Obrežna ulica 170, 2000 Maribor, Slovenija, dem.si



Oprema za odvajanje padavinske odpadne vode

Oprema za zadrževalne bazene

Protipoplavne lopute

Regulatorji pretoka

KOLEKTOR

www.kolektorsisteh.com | sisteh@kolektor.com



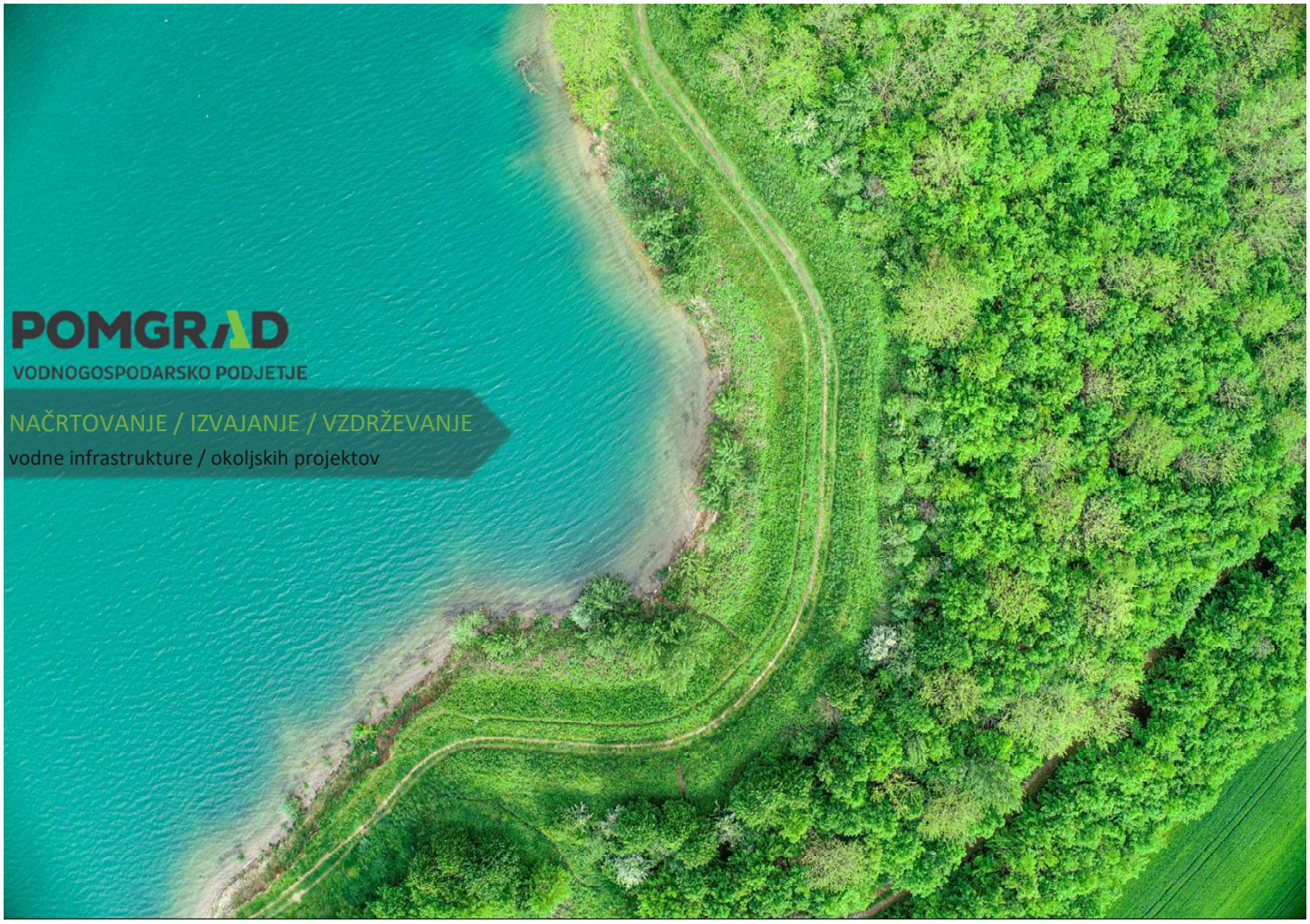
Učinkovito upravljanje urbanega vodnega kroga

- **Priprava pitne in tehnološke vode**
- **Pametno upravljanje komunalnih sistemov**
- **Čiščenje odpadnih voda in njihova ponovna uporaba**

www.kolektorwater.com

KOLEKTOR


EUROVAL d.o.o.
& FIRA d.o.o.
Opekarniška ulica 7, 2327 RAČE
transport@euroval.si
www.euroval.si
fira@euroval.si
BERKY
LIEBHERR
944


POMGRAD
VODNOGOSPODARSKO PODJETJE
NAČRTOVANJE / IZVAJANJE / VZDRŽEVANJE
vodne infrastrukture / okoljskih projektov

VGP KRANJ



PAL d.o.o.
inženiring

Ekologija, tehnologija in inženiring

www.pal-inzeniring.si

IZVO-R d.o.o.
Projektiranje in inženiring
Z vami že 20 let.

IZVO-R, projektiranje in inženiring d.o.o.
Sedež podjetja: Pot za Brdom 102, 1000 Ljubljana
PE CELJE, Opekarniška cesta 15B, Celje

T: 0590 81 100
E: izvor@izvor.si
W: www.izvor.si

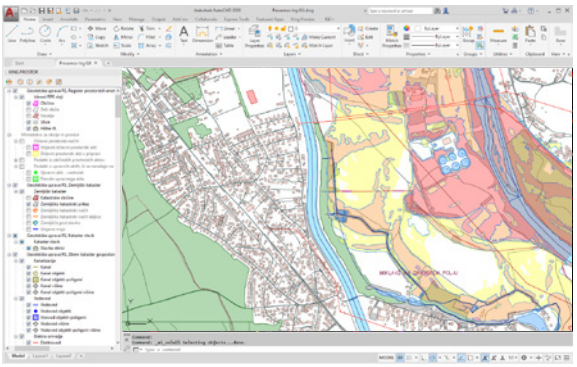
Ključna področja delovanja:

- Izdelava projektne dokumentacije hidrotehničnih ureditev
- Izdelava hidrološko hidravličnih študij, analiz in presoj
- Matematično modeliranje hidrodinamičnih pojavov
- Izdelava kart poplavne in erozijske nevarnosti
- Izdelava hidrotehničnih podlag za prostorske načrte
- Recenzije projektne dokumentacije (hidrotehnika)
- Analize in načrtovanje sanacij zemeljskih plazov
- Renaturacija vodnih teles (reke, ribniki)

King.Prostor

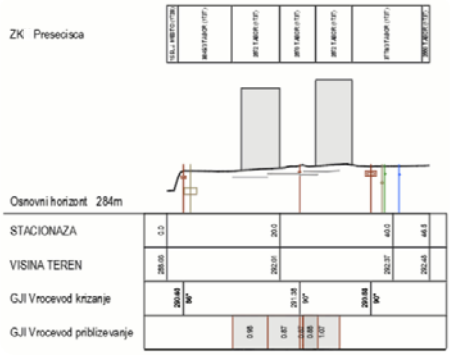
Začnite projekt z natančno informacijo

Urejen in pregleden prikaz podatkov katastra nepremičnin, GJI, eVode, kulturne dediščine, kmetijskih površin, rabe prostora, ortofotov... Uporabimo lahko preko 450 slojev na poljubno izbranem območju.



Celovit vpogled za tehtne odločive

Preverimo poseg predvidene gradnje na območja dejanske rabe zemljišč. Izdelamo poročila o posegih na parcele ter presek parcel in območij dejanske rabe. Seznam vseh soglasodajalcev za izbrano območje posega pridobimo že ob pričetku načrtovanja.



Prerezi za lažjo predstavo

Izrišemo poljuben prerez, ki prikaže presek z ARSO Lidar terenom, katastrom stavb in parcelami ter križanja in približevanja z GJI infrastrukturo.

Informacijsko podprto načrtovanje in sodelovanje

King.Prostor predstavlja nepogrešljivo orodje za dobro umestitev vaših projektov v prostor ter izmenjavo podatkov med vsemi sodelujočimi v projektu.

King.Prostor je tudi del Sewer+ Pro kjer s pomočjo obstoječih GJI vodov in ARSO Lidar podatkov v BIM podprtem okolju načrtujemo nove komunalne vode in obnove obstoječih vodov.

www.kingprostor.si

En klik do GURS, ZKP, GJI, ARSO, RKD, GERK ... v dwg

NARODNI DOM MARIBOR

Podarite umetnost, podarite kulturo.



Naj bo za praznik, rojstni dan ali kar tako.

ITSing

- CC GRP poliestrske cevi za kanalizacijo
- GlasGrid mreže za ojačitev cestišča
- Geoinformacijski sistem – pametno mesto
- Logerji za iskanje okvar na vodovodnem omrežju
- Geodetske storitve



ADFORS SAINT-GOBAIN · HOBAS® · VROLL HYDRO · PROMET I PROSTOR

ITSing d.o.o. | Koprska ulica 94 | 1000 Ljubljana | 00 386 41 669 414 | info@itsing.si



PROJEKTIRANJE IN UREJANJE VODA d.o.o.

iS projekt

POT ZA BRDOM 102, 1000 LJUBLJANA

Dejavnost:

V podjetju iS Projekt, projektiranje in urejanje voda d.o.o. smo specializirani za celovito reševanje pri načrtovanju in projektiranju urejanja voda. S ciljem celovitega reševanja voda izdelujemo:

- Analize poplavnosti ter karte poplavne nevarnosti in karte razredov poplavne nevarnosti
- Strokovne podlage s področja vodarstva za potrebe DPN, OPN, OPPN,…
- Hidrološke analize
- Matematično modeliranje gladin
- Projekti in načrti hidrotehničnih ureditev
- Projekti za renaturacijo vodotokov
- Geodetske meritve
- Recenzije in revizije s področja hidrotehnike

T: 0590 81 116 E: projekt@isprojekt.si W: www.isprojekt.si

HIDROSVET

PROJEKTIRAMO ZA VAŠO PRIHODNOST



NAŠE DEJAVNOSTI

Izdelava študij in projektne dokumentacije:

- poplavne študije
- urejanje voda in upravljanje z vodami
- vodnogospodarski objekti
- ekologija
- deponije, pregrade
- oskrba s pitno vodo
- odvajanje in čiščenje odpadnih voda
- recenzije in revizije študij in projektne dokumentacije

SEDEŽ PODJETJA
HIDROSVET d.o.o.
Kidričeva ulica 25, 3000 Celje

PROJEKTIVA LJUBLJANA
P.E. HIDROSVET Ljubljana
Koprska 98, 1000 Ljubljana

KONTAKT
T: +386 (0)3 42 44 300
E: info@hidrosvet.si

WWW.HIDROSVET.SI

cmc
GROUP



SPECIALIZIRANI STROKOVNJAK
ZA IZVAJANJE GRADBENIH STORITEV.

SANACIJE PLAZOV

ŽELEZNIŠKE IN
CESTNE GRADNJE

HIDROGRADNJE

IZGRADNJA PROTIHRUPNIH
OGRAJ

PROIZVODNJA
GEOTEHNIČNIH SIDER

WWW.RAFAEL.SI

RAFAEL

DHD modeliranje projektiranje in meritve v hidrotehniki d.o.o.
Prepotnikova ul.37, 2000 Maribor, Slovenija

DHD
digitalna hidrodinamika
Digital Hydrodynamics

www.dhd.si



PGGH
oblikujemo prostor.

SPIRALNI PILOTI

Z IZVAJANJEM NAČRTOVANJA IN IZVAJANJA SPIRALNIH PILOTOV UVAJAMO V SLOVENSKO GRADBENO INDUSTRIJO NAPREDNI SISTEM ZA TEMELJENJE NA SLABONOSILNIH TERENIH, ZAVAROVANJE PLAZOV IN BREŽIN OB VODOTOKIH, SANACIJE POSEDKOV NA OBJEKTIH, ...

PGGH d.o.o. | Kosarjeva ulica 4 | SI-2000 Maribor
Telef.: +386 2 234 25-70 | @mail: info@pggh.com

Gprocom

Gradbeni in geotehnični inženiring ter poslovne storitve d.o.o.

Razvanjska cesta 76,
2000 MARIBOR

tel: 02/429 58 50
02/429 58 51
gsm 041 640 956
e.mail: danilo.muhic@siol.net
gprocom@siol.com

Vodnogospodarsko podjetje Novo mesto, d.d.
Ljubljanska cesta 36, 8000 Novo mesto

tel.: +386 (0)7 39 30 550
fax: +386 (0)7 39 42 852

IBE, d.d., svetovanje,
projektiranje in inženiring

CKFF CENTER ZA KARTOGRAFIJO
FAVNE IN FLORE

BIM spreminja svet načrtovanja, oblikovanja, gradnje in upravljanja.

Več kot **10 let razvoja** na področju **BIM storitev**, nas postavlja na **vodilno mesto v regiji**.

- BIM management
- BIM modeliranje
- BIM nadzor
- BIM svetovanje

lineal

a Jezdarska ul. 3, 2000 Maribor **t** 02 429 27 00 **e** info@lineal.si **s** wwww.lineal.si

EHO Projekt d.o.o.
Dunajska cesta 51
1000 Ljubljana, Slovenija
e-mail:info@ehoprojekt.si
www.ehoprojekt.si

EHO PROJEKT

Skrb za okolje po elementarnih nesrečah

Stabilizacije brežin *Zemeljski plazovi* *Protipoplavna zaščita*
Skalni podori *Snežni plazovi*

GRADNJE POLAK GPG

Celovite rešitve **BREZ IZKOPOV**
Sanacija cevovodov in vrtine - hitro, trajno, profesionalno

www.gradnje-polak.com gradnje.polak@siol.net

BIRO GBH d.o.o.

GRADBENIŠTVO, PROJEKTIRANJE IN NADZOR

Pot k mlinu 18E, 2000 Maribor – Slovenija

tel: 02/3312-641
gsm: 051/364-450
e-mail: gbh@siol.net

ekologika

Tempos
okoljsko gradbeništvo

Tehnološki park 21
Ljubljana, Slovenija

info@tempos.si

+386 41 288 442

www.tempos.si

PROVOG
Inženirske storitve

TC VODE

TEMATSKI CENTER ZA RAZISKAVE, ŠTUDIJE IN RAZVOJ PROJEKTOV NA VODAH, D.O.O.
TRNOVSKI PRISTAN 10, 1000 LJUBLJANA

BPI
biro za projektiranje in inženiring d.o.o.



HIDROINŠTITUT
Inštitut za hidravlične raziskave



PROHAUS

GEOMET
geološke, hidrogeološke in geotehnične storitve

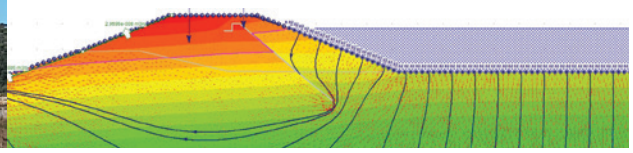
Geološke in geomehanske storitve:
- geološko geomehanske raziskave in poročilo o sestavi tal
- geološko poročilo o plazovitosti terena
- geološko poročilo o erozijski ogroženosti terena
- geotehnične analize in projektiranje geotehničnih konstrukcij

Goručanova ul. 10,
3000 Celje
M: 031 412 046
E: info@geomet.si

Hidrogeološke storitve:
- hidrogeološko poročilo za pridobitev vodnega soglasja
- hidrogeološko poročilo o možnosti ponikanja vod
- analiza tveganja za onesnaženje vodnega telesa



Ostale storitve in raziskave:
- geomehanski strokovni nadzor
- meritve zbitosti tal
- raziskave z dinamičnim penetrometrom DPSH in DPL
- dimenzioniranje voziščne konstrukcije



KSB

Solutions. For Life.

HIDROPRO inženirske storitve
Zoran Fujs s.p.
Spodnje Gameljne 118
1211 Ljubljana-Šmartno

VIG-FIL
VENTILI • POGONI • SISTEMI

- VENTILI
- REGULATORJI PRETOKA
- ZAPORNICE
- PROTIPOPLAVNA ZAŠČITA
- SPLAKOVALNI SISTEMI
- SISTEMI ZA ČIŠČENJE VODA

KONTAKT: INFO@VIG-FIL.COM

GEOMETRA d.o.o.

GEOMETRA d.o.o.
Trg Alfonza Šarha 18
2310 Slovenska Bistrica
t: 02 818 03 30, f: 02 818 03 31
m: 041 654 056, 031 356 686
e: geometra@siol.net
Ureditev meje, izravnave meje, parcelacija, vris objektov, kataster stavb, sprememba bonitete zemljišč, zakoličenje objektov, geodetski načrti za projektno dokumentacijo, izmera in vpis gospodarske infrastrukture

hse Invest

Skupina hse

Deponije komunalnih in industrijskih odpadkov
Vodne akumulacije in zadrževalni bazeni
Rastlinske čistilne naprave in lagune
Zaščite betonov in tesnjenje vodohranov

Hidroizolacijski sistemi
Zaščita podtalnice
Erozijska zaščita
Geomreže, geotekstili in geokompoziti

SINTEZA lining

SINTEZA lining d.o.o.
Trnoveljska cesta 2c
3000 Celje, Slovenija

T: +386 (0) 3 426 72 70
E: info@sinteza-lining.si

www.sinteza-lining.si

HEK, Doroteja Starec s.p.
Rožna dolina, cesta III 17F
1000 Ljubljana, Slovenija

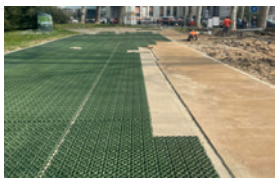
SLEMENŠEK

aquarius
d.o.o. Ljubljana

AMT projekt


VZDRŽEVANJE
GRADNJA OBJEKTOV
VGRADNJA ASFALTA
SIGNALIZACIJA
WWW.VOC.SI | INFO@VOC.SI
VOC
Gradimo življenje

OKOLJU PRIJAZNA ZUNANJA UREDITEV





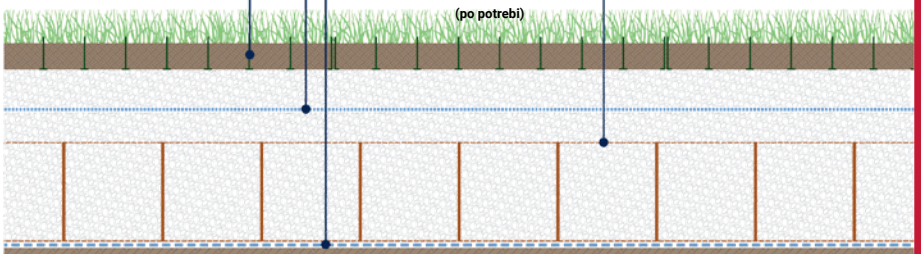


Povozne travne rešetke
iz reciklirane plastike

Geoclean
Geosintetik prepusten za vodo, neprepusten za naftne derivate

Polyfelt TS 50
(po potrebi)

PRS Neoloy
do 70% manj potrebe po naravnem lomljencu



Zelene površine namesto asfaltiranih oz. betoniranih

Lespatex d.o.o.

Pot k sejmišču 30
1231 Ljubljana-Črnuče
Slovenija

LESPATEX

PROINFRA
INŽENIRSKI BIRO

FIMA MATIKUN d.o.o.
Otiški vrh 26 c
SI-2373 Šentjanž pri Dravogradu

S P I T

gradbeni inženiring d.o.o. Nova Gorica

SPIT d.o.o. Nova Gorica je projektivno podjetje, ki se ukvarja s projektiranjem statike gradbenih konstrukcij – tunelov,mostov, opornih in podpornih konstrukcij, jeklenih konstrukcij, industrijskih, poslovnih in stanovanjskih objektov ter s projektiranjem komunalne infrastrukture in hidrologije.

URBIS

Partizanska cesta 3
2000 MARIBOR
Tel.: 08/ 38 49 336
E-pošta: urbis@urbis.si
www.urbis.si

PROJEKTANTI, GRADITELJI, INVESTITORJI

Podjetje Urbis vam nudi celovit prostorski inženiring od svetovanja do pridobitve dovoljenj in izdelave potrebne dokumentacije za poseg v prostor



Voda v času podnebnih sprememb ne čaka – tudi stroka ne sme.

mag. Bernardka Jurič