OSVRTI, Kem. Ind. **75** (11-12) (2026) 617–632

D. Kučić Grgić*
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Trg Marka Marulića 19, 10 000 Zagreb

Istraživanje kvalitete površinskih voda Zagrebačke gore u okviru projekta HORUS – doprinos prilagodbi urbanih područja klimatskim promjenama

Klimatske promjene predstavljaju jedan od najvećih okolišnih izazova današnjice, a njihove posljedice sve su izraženije kroz promjene u raspodjeli i intenzitetu oborina, povećanu učestalost ekstremnih vremenskih događaja te pojavu poplava u urbanim područjima. Poseban izazov predstavljaju pluvijalne poplave, koje nastaju uslijed intenzivnih oborina kad količina oborinske vode premašuje infiltracijski kapacitet tla i mogućnosti sustava odvodnje. Takvi događaji mogu uzrokovati znatne materijalne štete, ugroziti infrastrukturu te negativno utjecati na kvalitetu površinskih voda i stanje okoliša. Stoga je razvoj učinkovitih mjera prilagodbe klimatskim promjenama, temeljenih na znanstvenim istraživanjima i pouzdanim okolišnim podatcima, od iznimne važnosti za održivo upravljanje urbanim područjima.

Upravo je razumijevanje navedenih procesa i razvoj učinkovitih mjera prilagodbe klimatskim promjenama jedan od glavnih ciljeva projekta "Upravljanje rizicima od pluvijalnih poplava kroz mjere prilagodbe klimatskim promjenama na urbanim područjima" (HORUS), PK.3.4.17.0009. Nositelj projekta je Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, dok u njegovoj provedbi kao projektni partneri sudjeluju Sveučilište u Zagrebu Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije te Grad Zagreb.

Projekt HORUS temelji se na interdisciplinarnoj suradnji znanstvenih institucija i lokalne samouprave, pri čemu se povezuju znanja iz područja hidrologije, građevinarstva, kemije okoliša, zaštite voda i modeliranja okolišnih procesa. Poseban naglasak stavljen je na prikupljanje i analizu podataka koji mogu pridonijeti boljem razumijevanju hidroloških procesa, procjeni rizika od pluvijalnih poplava te razvoju znanstveno utemeljenih mjera prilagodbe klimatskim promjenama.

Terenska i laboratorijska istraživanja i sustavno praćenje kvalitete voda

U okviru projekta HORUS istraživači Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu te *spin-off* tvrtke Comprehensive Water Technology, prof. dr. sc. Tomislav Bolanča, prof. dr. sc. Hrvoje Kušić, izv. prof. dr. sc. Dajana Kučić Grgić, doc. dr. sc. Matija Cvetnić, mr. sc. Marinko Markić i dr. sc. Kristina Bule Možar, provode sustavna terenska i laboratorijska istraživanja usmjerena na praćenje kvalitete površinskih voda na području Zagrebačke gore (Medvednice).

Područje istraživanja obuhvaća odabrane vodotoke, mjerne postaje i lokacije na padinama Zagrebačke gore, odnosno slivna područja čije hidrološke značajke mogu imati važnu ulogu u nastanku površinskog otjecanja i potencijalnih pluvijalnih poplava na području grada Zagreba. Zbog izraženih nagiba terena, razgranate mreže vodotoka, različitih karakteristika slivova i utjecaja urbanizacije navedeno područje predstavlja zanimljiv prirodni sustav za proučavanje povezanosti hidroloških uvjeta i kvalitete površinskih voda.

Terenska istraživanja provode se jednom mjesečno na odabranim lokacijama uzorkovanja, čime se omogućuje sustavno praćenje promjena kvalitete vode tijekom različitih godišnjih doba i hidroloških uvjeta. Redovitim uzorkovanjem nastoji se osigurati reprezentativan skup podataka koji će omogućiti prepoznavanje sezonskih promjena, usporedbu pojedinih lokacija te utvrđivanje mogućih utjecaja oborinskih događaja na fizikalno-kemijska obilježja površinskih voda.

Tijekom svakog terenskog izlaska istraživački tim obilazi odabrane postaje, prikuplja uzorke vode te evidentira relevantne okolišne uvjete. Posebna pozornost posvećuje se pravilnom uzorkovanju, rukovanju uzorcima, njihovu transportu i čuvanju do provedbe laboratorijskih analiza. Na taj se način osigurava pouzdanost i usporedivost rezultata dobivenih tijekom različitih razdoblja istraživanja. Prikupljeni uzorci vode dopremaju se u laboratorije Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, gdje se provode analize usmjerene na karakterizaciju kvalitete površinskih voda i praćenje promjena njihovih fizikalno-kemijskih obilježja. Mjesečno uzorkovanje omogućuje stvaranje vremenskog niza podataka, što je osobito važno za razumijevanje promjenjivosti kvalitete površinskih voda. Naime, fizikalno-kemijska obilježja vode mogu se znatno mijenjati ovisno o količini i intenzitetu oborina, temperaturi, protoku, površinskom otjecanju i drugim prirodnim ili antropogenim čimbenicima.

Jedna od važnih sljedećih faza istraživanja bit će modeliranje rezultata dobivenih terenskim uzorkovanjima i laboratorijskim analizama. Nakon prikupljanja odgovarajućeg skupa eksperimentalnih podataka planira se njihova detaljnija statistička i matematička obrada te povezivanje s relevantnim hidrološkim i meteorološkim pokazateljima.

Cilj modeliranja bit će utvrditi povezanost između oborinskih uvjeta, hidroloških značajki promatranih slivova i promjena kvalitete površinskih voda, kao i identificirati pokazatelje koji mogu biti važni za razumijevanje okolišnih procesa tijekom različitih hidroloških scenarija. Primjenom odgovarajućih matematičkih i statističkih pristupa nastojat će se opisati prostorne i vremenske promjene promatranih parametara te procijeniti mogućnosti njihove primjene u predviđanju promjena kvalitete vode. Povezivanje eksperimentalnih podataka s modeliranjem važan je korak prema boljem razumijevanju složenih interakcija između oborina, površinskog otjecanja, karakteristika slivnih područja i kvalitete vode.

Takav interdisciplinarni pristup posebno je važan u kontekstu prilagodbe klimatskim promjenama jer omogućuje povezivanje podataka o stanju okoliša s procjenom hidroloških rizika. Rezultati istraživanja mogu pridonijeti razvoju učinkovitijih pristupa upravljanju oborinskim vodama te predstavljati dodatnu znanstvenu podlogu za planiranje mjera smanjenja rizika od pluvijalnih poplava u urbanim područjima.

Istraživački tim

Istraživački tim Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, uključen u provedbu projekta HORUS, ima više od 20 godina znanstvenog i stručnog iskustva u području

* Izv. prof. dr. sc. Dajana Kučić Grgić
e-pošta: dkucic@fkit.unizg.hr

istraživanja kvalitete voda, tehnologija obrade voda, monitoringa okoliša i zaštite vodnih resursa. Tijekom dosadašnjeg rada članovi tima sudjelovali su u provedbi brojnih nacionalnih i međunarodnih znanstvenih i stručnih projekata, ostvarujući značajne rezultate u razvoju i primjeni naprednih metoda praćenja kvalitete voda, analize okolišnih procesa i razvoja tehnoloških rješenja za zaštitu voda.

Trenutačno istraživački tim sudjeluje u provedbi više znanstveno-istraživačkih projekata usmjerenih na monitoring kvalitete površinskih voda i vode za ljudsku potrošnju, primjenu suvremenih analitičkih metoda, razvoj sustava kontinuiranog praćenja te povezivanje eksperimentalnih podataka s matematičkim modeliranjem. Takav pristup omogućuje interdisciplinarno sagledavanje izazova povezanih s kvalitetom voda, klimatskim promjenama i održivim upravljanjem vodnim resursima.

Posebno važan rezultat povezivanja znanstvenih istraživanja i gospodarstva predstavlja osnivanje *spin-off* tvrtke Comprehensive Water Technology d. o. o. (CWT) 2015. godine, čiji su članovi ujedno i članovi HORUS projekta. Tvrtka je nastala na temeljima više od 40 godina akumuliranog znanja i iskustva djelatnika Fakulteta u rješavanju konkretnih problema iz područja kemijskog inženjerstva, tehnologija obrade voda i zaštite okoliša.

Osnivanjem tvrtke CWT omogućeno je dodatno povezivanje akademske zajednice i gospodarstva te prijenos znanstvenih spoznaja u praktičnu primjenu. Navedeno predstavlja važan primjer transfera znanja i tehnologije, pri čemu se rezultati znanstvenih istraživanja i stručne kompetencije istraživača primjenjuju u rješavanju stvarnih okolišnih i tehnoloških izazova.

Dugogodišnje iskustvo, sudjelovanje u brojnim projektima te povezanost znanstvenog rada s praktičnom primjenom važna su osnova za kvalitetnu provedbu istraživanja u okviru projekta HORUS, osobito u dijelu koji se odnosi na terensko uzorkovanje, laboratorijsku karakterizaciju kvalitete voda, obradu eksperimentalnih podataka i njihovo daljnje modeliranje.



Slika 1 – Terenska istraživanja u okviru projekta HORUS – obilazak mjernih postaja i uzorkovanje površinskih voda na području Zagrebačke gore

Operational programme COMPETITIVENESS AND COHESION

European Union "Together towards the EU Funds"

EUROPEAN STRUCTURAL AND INVESTMENT FUNDS

Ovo istraživanje sufinancirano je sredstvima Europskog fonda za regionalni razvoj u sklopu Programa Konkurentnost i kohezija 2021. – 2027., kroz projekt "Upravljanje rizicima od pluvijalnih poplava kroz mjere prilagodbe klimatskim promjenama na urbanim područjima" (HORUS), PK.3.4.17.0009. Nositelj projekta je Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, a projektni partneri su Sveučilište u Zagrebu Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije te Grad Zagreb.