

# Sodobni postopki kanaliziranja in zaščite pred poplavami na povodju Kumodraškega potoka v Beogradu

## Savremeni postopci za kanaliziranje i zaštitu od plavljenja na slivu Kumodraškog potoka u Beogradu

### Modern procedures for urban drainage and flood

Na primeru idejnega projekta kanaliziranja na povodju Kumodraškega potoka v Beogradu je prikazana uporaba osnovnih principov sodobnih metod pri projektiranju kanalizacije in sistemov za zaščito pred poplavami urbaniziranih območij.

Na primeru idejnega projekta kanaliziranja na slivu Kumodraškog potoka u Beogradu prikazana je primena osnovnih principa i savremenih metoda projektovanja kanalizacije i sistema za zaštitu od poplava urbanih područja.

*Preliminary design of meteoric water and wastewater drainage at the Kumodraž catchment in Belgrade is described. The design was based on basic principles and contemporary procedures for design of sewer systems and protection from flooding in highly urbanized areas.*

#### Uvod

Sliv Kumodraškog potoka u Beogradu obuhvata oko 8 km<sup>2</sup> urbanizovanog i neurbanizovanog dela gradskog područja na teritoriji opštine Voždovac, a pripada slivu Mokroluškog potoka (slika 1). Pre urbanizacije ovog prostora, Kumodraški potok tekao je celom dužinom doline i ulivao se u Mokroluški potok, koji se potom ulivao u reku Savu. Urbanizacijom ovog prostora 1970-ih, Mokroluški potok je na skoro celoj svojoj dužini zacevljen, a duž njegove bivše doline izgrađen je autoput. Kumodraški potok je takođe zacevljen od približno sredine svog sliva do najnižvodnijeg dela (slika 1), dok u srednjem i uzvodnom delu sliva i dalje teče prirodnim koritom. Pored voda potoka, Kumodraški kolektor prihvata i upotrebljene vode iz domaćinstava i industrije i kišne vode sa celog sliva. Srednji i nizvodni deo Kumodraškog sliva je gusto urbanizovan sa postojećom kanalizacijom opšteg tipa, sa velikom industrijskom zonom u središnjem delu (slika 2). Uzvodni deo sliva je delom ruralan (kanalizaciona mreža ne postoji već septičke jame), delom skorije urbanizovan (sa kanalizacijom separacionog tipa), a deo je neurbanizovan. Kapacitet postojećeg sistema za prihvatanje kišnih voda na slivu je skroman tako da povremeno dolazi do plavljenja delova sliva kišnim vodama pome-

#### Ključne besede:

kanalizacija v mestih, padavinska voda, kanalizacijski sistem, zadrževanje padavinske vode, rekonstrukcije

#### Ključne reči:

kanaliziranje u gradovima, kišne vode, kanalizacioni sistem, retenzije kišnih voda, rekonstrukcija

#### Keywords:

urban drainage, meteoric water, sewer system, meteoric water retention ponds, reconstruction

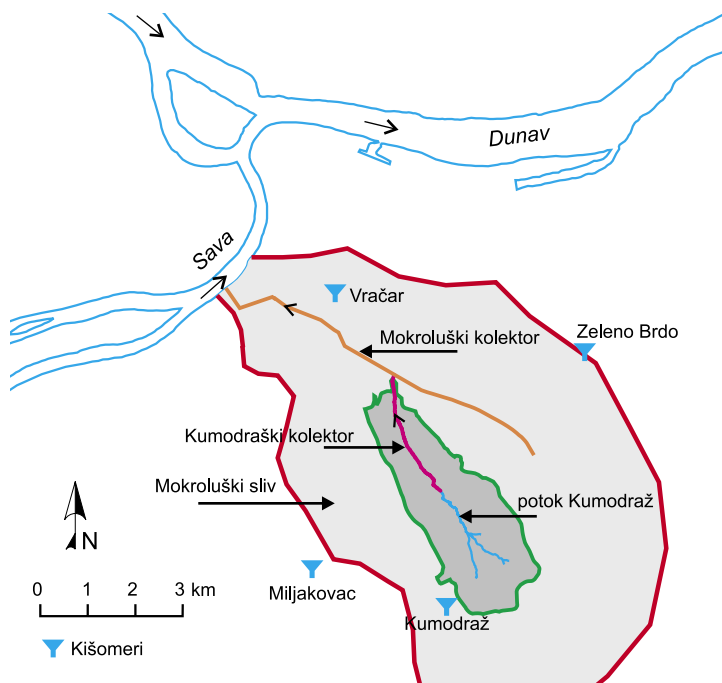


šanih sa kanalizacionim sadržajem.

Raniji koncept razvoja Beogradske kanalizacije predviđao je izgradnju jedne velike brane na Kumodraškom potoku sa retenzijom za kišne vode u središnjem delu sliva za zaštitu nizvodnih područja od plavljenja, a naročito za zaštitu Mokroluškog kolektora od preopterećenja (odnosno zaštitu autoputa od plavljenja). Brana i retenzija do danas nisu izgrađene. Tokom 1990-ih, čitav prostor sliva je napadnut urbanizacijom, pa čak i nelegalnom gradnjom, tako da je onemogućena realizacija koncepta zaštite od plavljenja sa jednom velikom retenzijom na slivu.

Brza i pretežno neplanska urbanizacija otežala je situaciju u pogledu zaštite od poplava, smanjila zelene površine i potencijalno može ugroziti zdravlje stanovništva. Krajem 1990-ih započeta je izrada idejnog projekta za rešavanje odvođenja kišnih i upotrebljenih voda sa sliva Kumodraškog potoka. Osnovni ciljevi su bili da se obezbedi adekvatna sanitacija prostora i potreban nivo zaštite od plavljenja. Dodatni ciljevi su bili:

- maksimalno iskorišćenje postojeće mreže cevi i kolektora, kako bi se u najvećoj mogućoj meri smanjio deo kanalizacione mreže koji treba rekonstruisati ili zameniti,
- očuvanje kvaliteta izvora, potoka i njihovih dolina na slivu ugroženih upotrebljenim i neprečišćenim vodama, imajući u vidu da je Kumodraški potok jedan od retkih preostalih potoka na teritoriji Beograda,
- unapređenje estetskih kvaliteta prostora primenom prirodne regulacije korita Kumodraškog potoka.



Položaj sliva Kumodražskog potoka u Beogradu.

## Metodologija izrade projekta

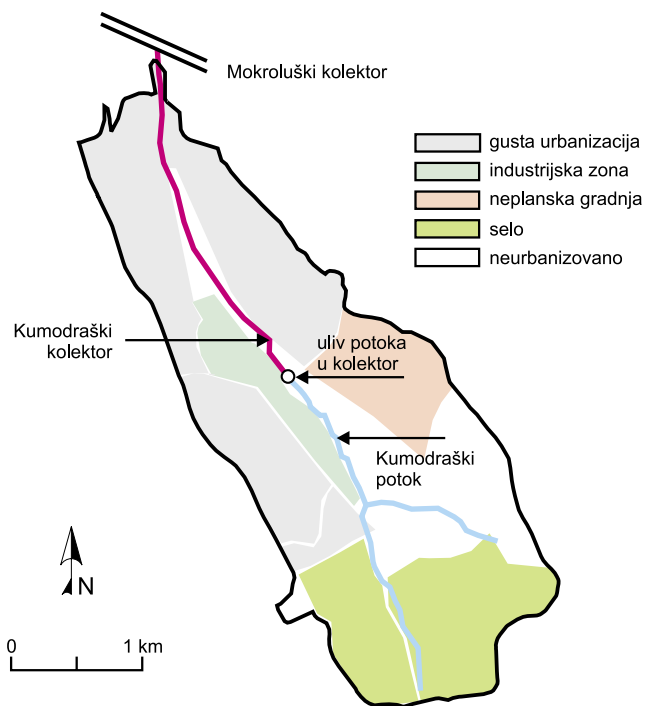
Osnovni principi pri izradi projekta kanaliziranja na slivu Kumodražskog potoka su bili:

- Ujednačen stepen zaštite od plavljenja i pronosnja zagađenja korišćenjem istog povratnog perioda za kišne vode od 2 godine za sve delove sliva (podslivove), odnosno 10 godina za glavne kolektore. Za dimenzionisanje brana i retenzija korišćen je povratni period od 50 godina, a za sigurnosne prelive povratni period od 100 godina.
- Razdvajanje upotrebljenih i kišnih voda na slivu (sadržaj upotrebljenih voda ugrožava kvalitet vode u potoku i retenzijama), kao priprema uslova za prečišćavanje kišnih voda i zaštitu od isplivavanja sadržaja iz kanalizacije na ugroženom nizvodnom kraju sliva.
- Zaštita od velikih voda i njihova kontrola retenziranjem i kontrolisanim ispuštanjem iz retenzija.

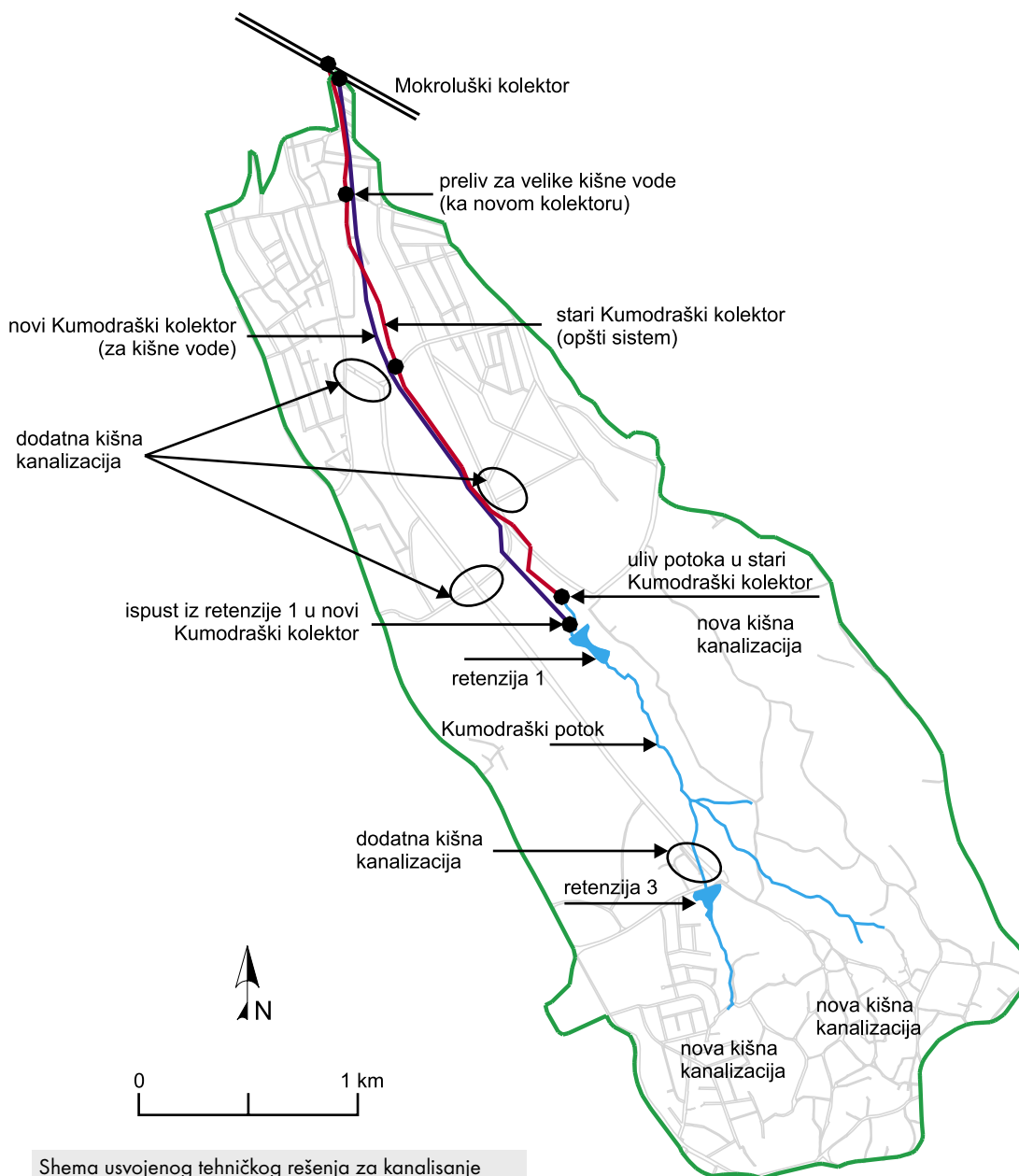
Merodavni hidrogrami oticaja (maksimalni proticaji i zapremine) dobijeni su primenom statističke analize rezultata simuliranja oticaja pomoću modela padavine-oticaaj. Primenjeno je više modela u različitim fazama projektovanja u zavisnosti od potrebnog stepena kompleksnosti proračuna. To su modeli SWMM (mogućnost detaljnog proračuna kinematskim talasom ili punim St. Venantovim jednačinama), Visual OTTHYMO (primena konceptualnih modela za proračun površinskog oticaja) i Bemus (takođe kinematski talas ili pune St. Venantove jednačine). Modeli su kalibrisani na osnovu merenja padavina i oticaja na slivu tokom 3 godine, a primenjeni su na nizove istorijskih kišnih epizoda u dužini od 30 godina. Tradicionalni pristup određivanju merodavnih protoka na osnovu računskih kiša, kada se povratnom periodu modeliranog oticaja pripisuje povratni period računске kiše merodavnog trajanja, takođe je primenjen kao uporedni metod.

## Ograničenja pri izradi projekta, predložene varijante rešenja i usvojeno rešenje

U okviru idejnog projekta kanaliziranja na slivu Kumodražskog projekta razmatrano je nekoliko varijanti tehničkog rešenja. Sva razmatrana rešenja morala su da se povinuju određenim ograničenjima, a to je pre svega kapacitet postojećeg Kumodražskog kolektora (oko 8 m<sup>3</sup>/s na izlaznom profilu, što je dovoljno za kontrolu oticaja kišnih voda povratnog perioda 2 godine samo sa gusto urbanizovanog nizvodnog dela sliva). Drugo ograničenje je predstavljao kapacitet Mokroluškog kolektora u koji se ulivaju sve vode Kumodražskog sliva. Ono što je zajedničko u svim razmatranim varijantama jeste izgradnja novih kanalizacionih sistema za upotrebljene i kišne vode tamo gde oni ne postoje (po separacionom principu). Takođe, u svim varijantama je predviđeno podizanje efikasnosti postojećeg kanaliziranja kišnih voda izgradnjom dodatnih sistema na lokacijama koje su uočene kao "uska grla" (nekoliko raskrsnica sa strmim ulicama). Varijante rešenja se razlikuju prvenstveno po načinu prihvatanja, odvođenja i retenziranja kišnih voda sa sliva, odnosno zaštite doline Kumodražskog potoka od plavljenja. Varijanta koja predstavlja raniji koncept sa jednom velikom retenzijom je odbačena, jer izgradnja takve retenzije nije moguća u današnjim uslovima zbog zauzetog prostora. Takođe je razmatrana i varijanta bez retenziranja kišnih voda, ali je zaključeno da na taj način nije moguće zaštititi nizvodne delove sliva od plavljenja i ispoštovati ograničenja o kapacitetima



Stanje urbanizacije sliva Kumodražskog potoka sredinom 1990-ih.



Shema usvojenog tehničkog rešenja za kanaliziranje sliva Kumodražskog potoka.

Kumodražskog i Mokroluškog kolektora. Varijanta rekonstrukcije sistema sa potpunim razdvajanjem kišnih od upotrebljenih voda bila je, na žalost, odbačena u startu od strane investitora zbog ogromnih troškova.

Iz navedenih razloga, formiranje retenzija u gornjem delu sliva je predstavljalo jedino moguće rešenje za kontrolu otcajanja kišnih voda. U nekoliko podvarijanti razmatrano je od 2 do 4 potencijalne retenzije. Mišljenje projektanta je bilo da se najbolji efekat postiže sa tri retenzije, ali se investitor odlučio za dve retenzije zbog manjih troškova.

Na slici 3 prikazani su elementi usvojenog tehničkog rešenja koji se odnose na kanaliziranje kišnih voda. Ovo rešenje se sastoji od sledećih objekata:

- novoprojektovanih separacionih sistema kišne kanalizacije na delovima sliva gde ih do sada nije bilo (selo Kumodraž, naselja Kumodraž I i Padina) sa izlivima u otvorene vodotokove i/ili cevovode;
- dve brane sa akumulacionim prostorima koji

kontroliraju slivno područje od oko 500 ha, sa svojim evakuacionim objektima;

- regulisanog otvorenog toka Kumodražskog potoka do retenzije 3 i između retenzija 3 i 1, sa regulacionim objektima (kaskade, obaloutvrde, ulivi kišne kanalizacije);
- postojećeg kolektora i paralelnog novog kolektora, sa ulogom da sprovode vodu sa gornjeg dela sliva i primaju kišne vode u donjem delu sliva; na ovim objektima se nalaze ulivne građevine kišne kanalizacije i dva propusta ispod ulica, a na postojećem kolektoru se nalazi preliv za velike kišne vode;
- završnog kolektora prečnika 2500 mm, dužine 950 m, u koji se uliva novi kolektor i prelivene vode iz postojećeg kolektora, kao i kanalizacija opšteg sistema na najnižvodnijem delu sliva; na objektu se, pored revizionih okana i kanalizacionih uliva, nalazi i izlivna građevina u Mokroluški kolektor.

U ostalim podvarijantama sa retenziranjem kišnih voda predlagani su i drugi načini za efikasno kanaliziranje, kao što je otvoreni rasteretni kanal za kišne vode nizvodno od retenzije 1 umesto novog kolektora. U još jednoj podvarijanti razmatrana je izgradnja dva nova glavna kolektora za upotrebljenu vodu paralelno sa postojećim opštim kolektorom, koji bi se rasterećivao od viška kišne vode sa nizom preliva ka novim kolektorima.

### Završne napomene

Neplanska urbanizacija u Beogradu, naročito izražena u periodu 1990-1999, prouzrokovala je zauzimanje koridora gotovo svih velikih kolektora, a time i prostora za retenzioniranje kišnog oticaja predviđenih prema planovima donetim pre oko 30 godina. Usporena i nedovršena realizacija ranijih projekata degradirala je mnoga rešenja, tako da se mora pristupiti izradi novih projekata sa inoviranim podlogama i sa boljim procenama razvoja. S druge strane, od donošenja poslednjih planova pre 30 godina znatno su uznapredovale metode i tehnologije analize kanaliziranja kišnih voda u gradovima. Pri izradi idejnog projekta kanaliziranja sliva Kumodražskog potoka, projektanti su nastojali da primene moderne postupke i tehnologije, kao i da pronađu rešenje koje optimalno ispunjava i ciljeve i oštra ograničenja koja su nametnuta.

#### Literatura:

1. Despotović J., Petrović J., Zlatanović V., Jaćimović N., Đorđević S., Jovanović M., Đukić A., Babić B. i Prodanović D. (1999) Preliminary design for reconstruction of stormwater and wastewater system in a developed urban area – a case study, Proc. 8th International Conference on Urban Storm Drainage, Sidney, Vol. 2, pp. 721-729.
2. Despotović J., Petrović J., Cvejić J., Zlatanović-Tomašević V., Jaćimović N., Obratov-Petković D., Jovanović M., Đukić A., Šotić A., Božović B. i Tutundžić A. (2001) Preliminary design of improvement of wastewater and stormwater systems, environmental remedy and stormwater re-use at the Kumodraž catchment in Belgrade, Proc. NOVATECH 2001, Lyon, pp. 53-60.
3. Despotović J. i sar. (2004) Idejni projekat odvođenja kišnih i otpadnih voda sa sliva Kumodražskog potoka u Beogradu. Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Beogradu. Investitor: Direkcija za građevinsko zemljište i izgradnju Beograda.