

**Miodrag Radojković**

**Dušan Obradović**

**Čedo Maksimović**

**RAČUNARI  
U KOMUNALNOJ  
HIDROTEHNICI**

**Analiza, projektovanje, merenje  
i upravljanje**

ОИБЛИОТЕКА  
ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА  
Инвентар оп. 24915

IRO "GRADEVINSKA KNJIGA"  
BEOGRAD 1989

## PREDGOVOR

Materija izložena u ovoj knjizi namenjena je stručnjacima koji se bave planiranjem razvoja, projektovanjem, izgradnjom i upravljanjem rada objekata komunalne hidrotehnike, odnosno sistemima za vodosnabdevanje (vodovodnim sistemima) i sistemima za odvođenje vode.

Smatramo da je neophodno da se napomene da materija prikazana u ovoj knjizi ne obuhvata celu problematiku gore pomenutih sistema koja zbog svoje kompleksnosti i ne može kvalitetno da bude obuhvaćena jednom knjigom.

U ovoj knjizi naglasak je stavljen na probleme planiranja, analize i projektovanja mreža i magistralnih vodova vodovoda i kišne kanalizacije i crpnih stanica, odnosno na primeni računara u tim analizama i projektovanjima kao i za potrebe merenja na sistemima. Izlaganja su dobrim delom ilustrovana primerima u čijem rešavanju su na neki način učestvovali autori. Nije obuhvaćena materija koja razmatra prečišćavanje vode za piće i upotrebljene vode, procese u vodotocima i jezerima iz kojih se voda zahvata (dinamika kvaliteta i zaštita) kao ni efekat ispuštenih voda na prijemnike.

Autori su izlaganje materije prilagodili tako da ona može da posluži i stručnjacima koji u ovoj oblasti imaju bogato iskustvo pa žele da ovladaju savremenim metodima proračuna za potrebe projektovanja pomoću računara, ali i stručnjacima - početnicima koji u ovim oblastima stiču prva praktična iskustva, kao i studentima redovne i poslediplomske nastave.

Primena računara u oblasti vodovoda i kanalizacije je u punom zamahu i odavno se ukazuje potreba da se domaćim stručnjacima stavi na raspolaganje knjiga koja će tu problematiku prikazati u formi pogodnoj za neposrednu primenu, ali da posluži i kao osnova za dalja produbljavanja saznanja. Takođe je vođeno računa o tome da knjiga da dovoljnu teorijsku podlogu da mogu da je koriste i stručnjaci koji žele da koriste gotove programe, ili da razvijaju sopstvene programe u toj oblasti.

Autori se najtoplije zahvaljuju Vladimiru Jankoviću iz Instituta za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Beogradu na strpljivom i profesionalnom radu na tehničkoj obradi knjige.

Prof. Dr Miodrag Radojković  
Prof. Dr Dušan Obradović  
Prof. Dr Čedo Maksimović

# S A D R Ž A J

## Predgovor

### Glava I Primena računara za projektovanje vodovodnih i kanalizacionih sistema

I 1. Predmet razmatranja .....	1
I 2. Opšti principi primene računara u hidrotehnici .....	2
Literatura .....	5

### Glava II Vodovodni sistemi

II 1. Vodovod i projektovanje pomoću računara .....	7
Literatura .....	11
II 2. Proračun ustaljenih tečenja u vodovodnim sistemima .....	13
II 2.1. Karakteristična stanja vodovodnog sistema .....	13
II 2.2. Propusna moć cevovoda .....	13
II 2.3. Postavka zadatka .....	20
II 2.4. Proračun ustaljenog strujanja .....	21
Literatura .....	37
II 3. Kontinualna simulacija rada vodovodnog sistema .....	39
II 3.1. Zadatak kontinualne simulacije .....	39
II 3.2. Potrošnja vode .....	42
II 3.3. Gubici i neregistrovana potrošnja vode .....	55
II 3.4. Objekti vodovodnog sistema .....	60
II 3.5. Program za digitalni računar .....	66
Literatura .....	66
II 4. Proračuni neustaljenih režima u vodovodu .....	69
II 4.1. Neustaljeni režimi u vodovodu .....	69
II 4.2. Osnovne teorije neustaljenih strujanja .....	69
II 4.3. Dvofazna nestacionarna strujanja .....	96
II 4.4. Zaštita sistema od hidrauličkog udara .....	102
Literatura .....	113
II 5. Računari i upravljanje vodovodnim sistemima .....	116
II 5.1. Uvodne napomene .....	116
II 5.2. Ciljevi i upravljanje .....	119
II 5.3. Korišćenje matematičkih modela u upravljanju radom vodovoda .....	130
II 5.4. Faze uvođenja upravljanja pomoću računara .....	140
Literatura .....	143

II 6. Primena matematičkog modeliranja u projektovanju vodovodnih sistema .....	146
II 6.1. Procedura formiranja matematičkog modela .....	146
II 6.2. Ocene rezultata analize .....	158
II 6.3. Primeri iz prakse .....	168
Literatura .....	215

### Glava III Kanalizacioni sistemi

III 1. Poreklo vode u urbanim slivovima .....	219
III 1.1. Efekat urbanizacije na promene količine i kvaliteta vode .....	220
III 1.2. Savremeni problemi odvodnjavanja kišnih voda iz urbanih sredina .....	221
Literatura .....	223
III 2. Modeliranje oticanja sa urbanih slivova - opšti principi	223
III 2.1. Klasifikacija modela .....	223
III 2.2. Programaska podrška (softver) .....	226
III 2.3. Izbor modela .....	228
Literatura .....	228
III 3. Matematički modeli sa fizičkom osnovom .....	229
III 3.1. Opšti principi .....	229
III 3.2. Infiltracija .....	231
III 3.3. Površinsko retenziranje .....	245
III 3.4. Tečenje po slivnim površinama .....	247
III 3.5. Tečenje u površinskim kolektorima .....	274
III 3.6. Tečenje u kanalizacionim mrežama .....	277
Literatura .....	294
III 4. UDM - Međunarodna banka podataka .....	297
III 4.1. Opšte informacije .....	297
III 4.2. Preliminarna provera podataka .....	299
III 4.3. Podaci sa urbanih slivova .....	300
III 4.4. Laboratorijski podaci .....	302
III 4.5. Dalji razvoj UDM banke podataka .....	302
III 4.6. Prikaz izabranih podataka i grafičkih priloga iz UDM banke podataka .....	303
Literatura .....	343
III 5. BEMUS (Beogradski model urbanih slivova) .....	343
III 5.1. Koncept BEMUS-a .....	343
III 5.2. Osnovna verzija - BEMUS B .....	345
III 5.3. Parametri modela .....	346
III 5.4. Organizacija programa .....	346
III 5.5. UDMS - programski sistem za modeliranje urbanog oticanja .....	348

III 6.	Međunarodni centar za istraživa je i obuku u oblasti odvodnjavanja gradskih površina .....	352
	Literatura .....	354
III 7.	Primena matematičkih modela .....	354
III 7.1.	Pristupi rešavanju problema odvodnjavanja gradskih površina .....	354
III 7.2.	Podloge za analizu i projektovanje sistema kišne kanalizacije .....	362
III 7.3.	Primena računskih modela pri analizi i projektovanju sistema za odvođenje površinskih voda i primeri iz prakse .....	368
	Literatura .....	380

#### Glava IV      Merenje u vodovodnim i kanalizacionim sistemima

IV 1.	Šta i zašto meriti? .....	383
IV 2.	Stalna i povremena merenja .....	385
IV 2.1.	Merenja u fazi istraživanja .....	385
IV 2.2.	Merenje pre puštanja u pogon .....	385
IV 2.3.	Merenje za potrebe nadzora i upravljanja .....	390
IV 2.4.	Merenje radi utvrđivanja karakteristika sistema i njihovih promena .....	392
IV 2.5.	Merenje radi utvrđivanja bilansa vode .....	395
IV 2.6.	Merenja za primenjena istraživanja i obuku kadrova .....	395
IV 3.	Principi i metode merenja .....	396
IV 3.1.	Opšta načela - konverzija mehaničkih veličina u električne .....	396
IV 3.2.	Karakteristike mernih sistema .....	400
IV 4.	Merenje protoka u cevima pod pritiskom .....	402
IV 4.1.	Uređaji sa lokalnim promenama u toku .....	402
IV 4.2.	Uređaji sa merenjem lokalne vrednosti brzine ..	
IV 4.3.	Elektromagnetni merači .....	419
IV 4.4.	Ultrazvučni merači protoka .....	422
IV 4.5.	Merenje protoka pomoću analize korelacije .....	428
IV 4.6.	Merenje protoka cevima promenljivog preseka ...	430
IV 4.7.	Turbinski merač protoka .....	432
IV 4.8.	Merač tipa Anubar .....	434
IV 4.9.	Ostale metode merenja protoka u cevima pod pritiskom .....	434
IV 4.10.	Faktori koji utiču na izbor merača protoka ....	435
IV 5.	Merenje protoka u sistemima sa slobodnom površinom vode	438
IV 5.1.	Opšta razmatranja .....	438
IV 5.2.	Određivanje protoka merenjem neporemećenih dubina .....	443
IV 5.3.	Merenje protoka na prelivima, suženjima i ispustima .....	447

IV 6.	Primena računara za prenos, prikupljanje i obradu podataka dobijenih merenjem .....	450
IV 6.1.	Opšte napomene .....	450
IV 6.2.	Prikupljanje i registrovanje podataka pomoću računara .....	451
IV 7.	Nadzor i kontrola rada vodovodnih i kanalizacionih sistema .....	454
	Literatura .....	460
 <b>Glava V Crpke i crpne stanice</b>		
V 1.	Uloga crpnih stanica .....	461
V 2.	Crpke .....	463
V 2.1.	Vrsta crpki .....	463
V 2.2.	Glavni delovi crpki .....	464
V 2.3.	Radne karakteristike crpki .....	468
V 2.4.	Podela crpki .....	474
V 2.5.	Koeficijenti crpke .....	476
V 2.6.	Kavitacija i određivanje potrebnog NPSH (visina sisanja) .....	478
V 2.7.	Regulisanje rada crpke .....	486
V 2.8.	Teškoće u pogonu .....	495
V 3.	Crpne stanice .....	500
V 3.1.	Rad crpki u stanici .....	500
V 3.2.	Paralelna sprega crpki .....	506
V 3.3.	Serijski rad crpki .....	512
V 3.4.	Upravljanje radom crpnih stanica .....	514
V 3.5.	Teškoće u radu crpnih stanica .....	516
V 3.6.	Zaštita crpnih stanica od hidrauličkog udara ....	517
V 3.7.	Nove konstrukcije i tehnička rešenja .....	521
V 4.	Izbor crpki .....	530
	Literatura .....	532
 <b>Glava VI Potrebni hidraulički proračuni i istraživanja u hidrotehničkim i vodoprivrednim projektima</b>		
VI 1.	Uvod .....	535
VI 2.	Vrste hidrauličkih istraživanja .....	536
VI 3.	Hidrotehnički objekti u okviru energetskog sistema .....	539
VI 4.	Objekti u kanalima i rečnim tokovima .....	539
VI 5.	Sistemi za navodnjavanje .....	539
VI 5.1.	Vodozahvat iz vodotoka .....	539
VI 5.2.	Zahvat podzemnih voda .....	539
VI 5.3.	Magistralni dovodi vode .....	540
VI 5.4.	Rezervoari .....	540
VI 5.5.	Distribucijska mreža .....	540
VI 6.	Kanalizacioni sistemi .....	541
VI 6.1.	Sistem kišne kanalizacije .....	541
Indeks	.....	543