

# Predgovor

Knjiga je napisana sa namerom da studente građevinarstva – hidrotehničkog, konstruktivnog i saobraćajnog usmerenja - uputi u savremeno projektovanje objekata i sistema za kanalizaciju kišnih voda. Takođe, knjiga je napisana da pomogne inženjerima koji se bavi analizom oticaja kišnih voda na prirodnim slivovima i u gradovima, a iskusnim inženjerima da ukaže na novija znanja, istraživanja i njihovu primenu u projektima elemenata i sistema.

Cilj je da čitalac, pošto detaljno upozna, počne da koristi standardne i nove pristupe u izradi planske i projektne dokumentacije i da se tako uključi u sprečavanje nevolja koje izazivaju kišne vode, naročito u gradovima. Stečenim znanjem inženjer takođe dobija mogućnost da složenu analizu oticaja kišnih voda pretvori u projekte za izgradnju odgovarajućih sistema kojima se upravlja zaštitom od poplava. Ova znanja omogućavaju prvi korak u obnavljanju hidrološkog ciklusa u gradovima i u prirodi. To je u nekoj meri pokušaj sprečavanja ili smanjenja efekata klimatskih promena (FEA, 2004).

Tokom istraživanja (merenja kiše i proticaja, prijemne moći slivnika i modeliranja oticaja kiše), projektovanja i izgradnje sistema za kišne vode, autor je uočio nesklad i jaz između istraživanja i projektantske prakse. Nedostatak primene novih saznanja i metoda, rezultira odsustvom zahteva za savremenim projektima, zbog čega je kanalizacija kišnih voda neadekvatna. Ova knjiga je podloga za razumevanje investitora, projekatara, izvođača i istraživača – hidrologa i hidrauličara, jer omogućava bolju informisanost, razmenu znanja i uvođenje savremenih efikasnih sistema za kanalizaciju i kontrolu u realnom vremenu.

Knjiga je započeta kada se učinilo da je ostao "prazan prostor" za rad o projektovanju sistema za kišne vode između sledećih dela: N. Stamenković (1905) Kanalizacija Beograda; Kibler, D. (1972); M. Milojević (1976, ... 2003); Stephenson (1981); Harremoes, P. (1983); Wisner, P. (1986); Argue J. et al. (1986); M. Radojković, D. Obradović, Č. Maksimović (1989); Walesh, (1989); ASCE, WEF (1992); Chocat - Ed., (1997); ICUSD (1984-2006); NOVATECH (1992 - 2007); ETH (1989 - 2008).

Knjiga treba da otvori "nove vidike", i da ukaže na potrebu za analizom kvaliteta kišnog oticaja (poput rada Muraka, Mangone, 2006), i drugim aspektima kanalizacije kišnih voda kao što su recirkulacija, storniranje i dr.

Pisanje knjige je takođe motivisano činjenicom da se kišne vode sa propus-

nih i nepropusnih površina, u prirodi i u naseljima, ispuštaju bez ikakve kontrole. Autor se nada da će se korišćenjem (n)ovih znanja, obaveza zaštite od kišnih voda i kanalisanja (ččših) kišnih voda, ali i "stogodišnjih", pretvoriti u preimućstva i dobitak za slivno područje, za naselja i za živi svet, kao što je u Japanu, Australiji, Kanadi, i da će se zainteresovani na vreme pripremiti za klimatske promene (Bates et al, 2008).

\* \* \*

Autor se zahvaljuje prijateljima, kolegama i investitorima iz Rume, Kraljeva, Podgorice, Bijeljine, Niša, Maribora, Obrenovca, Bajine Bašte, Beograda, sa aerodroma u Beogradu i Podgorici, i drugima, koji su bili spremni da diskutuju, rade i rizikuju dodeljujući autoru izradu projekata.

Za "pridobijanje" za ovu knjigu zaslužni su inženjeri i profesori od kojih je, pored prosvetnog i istraživačkog rada, autor učio o projektovanju: prof. M. Milojević, prof. P. Wisner, Lj. Jevtović, M. Janković, mr R. Vićentić, kao i kolege koje su posredno "učestvovali" u projektovanju: prof. G. Hajdin, prof. S. Jovanović, prof. M. Radojković, prof. M. Debord, prof. B. Batinić, prof. V. Vukmirović i prof. Č. Maksimović.

Za pripremu knjige zaslužni su V. Janković, čiji su crteži uvek savremeni, takođe V. Tejić, N. Grbić i kolega M. Vasiljević koji je dao "saobraćajno" gledanje na problematiku.

Autor se zahvaljuje recenzentima knjige profesorima M. Milojeviću, D. Ljubisavljević i M. Ivetiću na korisnim sugestijama.

I na kraju, sa velikim zadovoljstvom autor izražava maksimalnu zahvalnost Tiji, Dini, Idi i Aleksi za bezmerno strpljenje.

\* \* \*

**Ključne reči:** kiša - padavine; kišni oticaj; prirodni tereni; gradski uslovi; merenje kiše i oticaja; modeliranje kiše i oticaja; računске i osmotrene kiše; kanalisanje i retenziranje kišnih voda; količina i parametri kvaliteta; objekti, elementi i sistemi za kanalisanje kišnih voda; slivnici, okna-olučna, slivnička, revizona; cevi, kolektori; prelive; ispusti; retenzije; principi, uslovi, standardi, projektni zadaci, projekti - generalni, idejni, glavni; procedure, sadržaj, tehnički opis, specifikacije, primeri.

# Sadržaj

<b>1</b>	<b>Uvod u kanaliziranje kišnih voda</b>	<b>1</b>
1.1	Celina sliva i podslivovi, studije sliva, projekti kanaliziranja kišnih voda . . . . .	1
1.2	Jedinstveno izučavanje obuhvata kvalitet i količine kišnih voda	2
1.3	Kompleksna hidrološka, stohastička, hidranlička i ekološka analiza . . . . .	3
1.4	Osim (usko) stručnih aspekata, radova i aktivnosti ...	6
1.5	Pregled poglavlja . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Oticaj kišnih voda i kanaliziranje</b>	<b>9</b>
2.1	Hidrološki ciklus u gradovima . . . . .	9
2.2	Razvoj kanaliziranja kišnih i upotrebljenih voda . . . . .	14
2.3	Sistemi za kanaliziranje kišnih voda . . . . .	17
2.4	Kanaliziranje kišnog oticaja u gradskim planovima . . . . .	22
2.5	Oticaj kišnih voda i principi kanaliziranja . . . . .	23
2.5.1	Osnove oticaja, i principi planiranja i projektovanja kanaliziranja . . . . .	23
2.5.2	Ocena osnovnih principa u planovima i projektima sistema za kanaliziranje . . . . .	30
2.6	Koncepti kanaliziranja kišnih voda . . . . .	31
2.6.1	Osnove za uspostavljanje koncepta kanaliziranja . . . . .	31
2.6.2	Model rizika kod primene metoda matematičke statistike u konceptima kanaliziranja kišnih voda . . . . .	32
2.6.3	Klasičan koncept kanaliziranja kišnih voda . . . . .	33
2.6.4	O kvalitetu kišnog oticaja . . . . .	33
2.6.5	O savremenim sistemima za kanaliziranje i čuvanje kišnih voda . . . . .	35
2.7	Zaključak . . . . .	38

2.8	Literatura . . . . .	39
<b>3</b>	<b>Modeliranje oticaja kišnih voda</b>	<b>43</b>
3.1	Uvod . . . . .	43
3.2	Merenja proticaja kišnih voda . . . . .	45
3.2.1	Merenje proticaja u zatvorenim sistemima . . . . .	48
3.2.2	O merenjima na kanalizacionim sistemima . . . . .	56
3.2.3	Zaključci o merenjima padavina i oticaja . . . . .	75
3.3	Modeliranje oticaja kišnih voda . . . . .	77
3.3.1	Uvod u modeliranje (oticaja kišnih voda) . . . . .	77
3.3.2	Hidrološko/hidraulički proračun transformacija hidrograma duž i tokom putovanja . . . . .	84
3.3.3	Konceptualni modeli oticaja . . . . .	86
3.3.4	Sintetički hidrogram u obliku trougla . . . . .	96
3.3.5	Modeli SCS za analizu i proračun oticaja kanalisanih kišnih voda . . . . .	105
3.3.6	Primeri proračuna jediničnog hidrograma i SCS metode	111
3.3.7	O primeni opisanih modela na prirodne i urbane slivove	114
3.3.8	Racionalna metoda . . . . .	114
3.3.9	Veza između $K_p$ i $CN$ . . . . .	125
3.4	Primeri . . . . .	129
3.4.1	Primer jednog davnog proračuna . . . . .	129
3.4.2	Primer oticaja sa krova, jer kiša ne pada vertikalno . . . . .	130
3.4.3	Primer nepropusnih fasada (od stakla) . . . . .	131
3.4.4	Primer horizontalnog olučnjaka . . . . .	132
3.4.5	Primer uticaja izgradnje susedne zgrade . . . . .	133
3.4.6	Primer retenzije za kontrolu oticaja na Aerodromu "Nikola Tesla" . . . . .	133
3.4.7	Postupci za ocenu primene modela oticaja na primeru Kumodraškog sliva . . . . .	135
3.5	Zaključci . . . . .	138
3.6	Literatura . . . . .	141
<b>4</b>	<b>Analiza podataka o kišama za proračune ...</b>	<b>147</b>
4.1	Uvod . . . . .	147
4.1.1	O izmerenim padavinama . . . . .	147
4.1.2	Kratak pregled izučavanja karakteristika kiša . . . . .	149

4.2	Računske kiše za proračun oticaja . . . . .	152
4.2.1	Osnovni podaci - intenziteti ravnomernih kiša . . . . .	153
4.2.2	Složene padavine neustaljene u vremenu . . . . .	154
4.3	Pripreme podataka i analiza karakteristika jakih kiša . . . . .	156
4.3.1	Uvod . . . . .	156
4.3.2	Obrada pluviografskih zapisa . . . . .	157
4.3.3	Formiranje uzoraka visine kiše za statističku analizu . . . . .	160
4.3.4	Primena analize kratkotrajnih kiša . . . . .	161
4.3.5	Povratni period visine kiše određenog trajanja . . . . .	162
4.3.6	Računske redukcijske kiše za proračun oticaja . . . . .	162
4.4	Neujednačenost kiše u prostoru i vremenu . . . . .	163
4.4.1	Uvod . . . . .	163
4.4.2	Neravnomerne kiše na površini . . . . .	164
4.4.3	Analiza nestacionarnih kiša - promene intenziteta . . . . .	165
4.4.4	Sezonska analiza kiša . . . . .	168
4.4.5	Trajanje kišnih i sušnih perioda . . . . .	170
4.4.6	Maksimalni intenzitet kiše tokom trajanja - $i_{max}$ . . . . .	171
4.5	Primeri . . . . .	173
4.5.1	Analiza kiša u prostoru - Padavine na različitim mernim mestima . . . . .	173
4.6	Zaključak . . . . .	176
4.7	Literatura . . . . .	179
<b>5</b>	<b>Projektovanje elemenata i sistema</b>	<b>183</b>
5.1	Uvod . . . . .	183
5.1.1	Shematski prikaz sistema za kanalisanje kišnih voda i faze proračuna oticaja kišnih voda . . . . .	185
5.1.2	Proces projektovanja sistema za kišne vode . . . . .	188
5.1.3	Više faze projektovanja sistema za kanalisanje . . . . .	197
5.1.4	Sigurnost funkcionisanja elemenata i sistema . . . . .	202
5.1.5	Mere zaštite vodoprijemnika od zagađenja otpadnim vodama . . . . .	209
5.2	Objekti i elementi za kanalisanje kišnih voda . . . . .	214
5.2.1	Pregled objekata i elemenata . . . . .	214
5.2.2	Tačkasti i vezni objekti . . . . .	218
5.2.3	Olučna i slivnička okna sa olucima i slivnicima . . . . .	219
5.3	Slivnici i površinski kišni oticaj . . . . .	233

5.3.1	O tečenju na nepropusnim površinama . . . . .	234
5.3.2	Rezultati merenja prijemne moći slivnika na laboratorijskom modelu . . . . .	243
5.3.3	Postavljanje slivnika na kolovozu . . . . .	256
5.3.4	Rastojanje slivnika na bazi rasprostiranja oticaja . . . . .	262
5.3.5	Zaključci i preporuke . . . . .	273
5.4	Linijski objekti - cevi, kanali . . . . .	277
5.4.1	Uvod . . . . .	277
5.4.2	Proračun tečenja u cevima . . . . .	279
5.4.3	Hidrauličke analize cevnih sistema . . . . .	282
5.5	Kratke cevi - propusti . . . . .	295
5.5.1	Uvod . . . . .	295
5.5.2	Proračun protočne moći propusta . . . . .	302
5.5.3	Hidraulički proračun propusta . . . . .	307
5.5.4	Procedura za dimenzionisanje propusta . . . . .	328
5.5.5	Zaključak . . . . .	340
5.6	Prelivi u kanalizaciji . . . . .	341
5.6.1	Uvod . . . . .	341
5.6.2	Prelivi u kišnoj kanalizaciji . . . . .	342
5.6.3	Prelivi u opštim sistemima . . . . .	344
5.6.4	Dimenzionisanje preлива . . . . .	353
5.6.5	Napomene o savremenim aspektima upravljanja prelivima i prethodnom tretmanu . . . . .	367
5.7	Prostorni objekti za ublaženje maksimuma... . . . .	371
5.7.1	Uvod . . . . .	371
5.7.2	Objekti i sredstva za retenziranje kišnog oticaja . . . . .	373
5.7.3	Objekti i sredstva za infiltraciju kišnog oticaja . . . . .	374
5.7.4	Dimenzionisanje objekata za infiltraciju kišnih voda . . . . .	377
5.8	Specijalni objekti u kanalizaciji . . . . .	377
5.9	Primeri projektovanja elemenata i sistema ... . . . .	382
5.9.1	Projektovanje slivnika . . . . .	382
5.9.2	Dimenzionisanje bočnog preлива . . . . .	385
5.9.3	Primer izrade Generalnog i Idejnog projekta sistema za kišne vode na slivu Kumodražskog potoka i istoimenog kolektora . . . . .	387
5.10	Zaključci . . . . .	405
5.11	Literatura . . . . .	408
5.12	Ključne reči/pojmovi/indeksi . . . . .	416