

# ПРЕДГОВОР

## ПРВОМ ИЗДАЊУ

Ова књига је намењена студентима четврте и пете године Одсека за хидротехнику Грађевинског факултета у Београду, као уџбеник из предмета "Хидротехничке грађевине".

Студентима хидротехничког усмерења потребан је уџбеник који ће више тежине ставити на примену већ стечених знања, пре свега из механике флуида, хидраулике и хидрологије, на пројектовање хидротехничких објеката. Сматрало се да у овом тренутку на нашем језику не постоји кошизан уџбеник који покрива ову широку област хидротехнике.

У мањем обиму обрађени су конструктивни аспекти пројектовања и изградње објеката, где је највише пажње посвећено анализи оптерећења. Аспекти организације грађења, економије, машинске и електро опреме поменути су колико се сматрало неопходним да се стекне целовита слика.

Поглавља пису везана и могу се читати независно. За даље усавршавање у свакој области читалац се упућује на постојећу домаћу и страну литературу.

Захваљујем се колегиници Добрили Симић и колегама Миодрагу Савићу, Живодару Ерчићу, Браниславу Коларевићу, Ђули Фабијану, Миодрагу Јовановићу, Владану Кузмановићу, Бојану Миловановићу, Драгану Савићу и Марку Симићу на помоћи и корисним саветима. Издавање ове књиге су финансијски помогли: Институт за водопривреду "Јарослав Черни", Војводина-пројект, Сидро НС, Енергопројект-Хидроинжењеринг и Хидроинвест-ДТД.

Београд,  
Јануар, 2003.

Љубодраг Савић.

# ПРЕДГОВОР

## ДРУГОМ ИЗДАЊУ

У овом издању исправљене су приметне грешке, допуњен материјал из претходног издања и додате нове скице, једначине и дијаграми.

Поред колегиница и колега који су помогли на изради првог издања, желим посебно да се захвалим колеги Горану Срећковићу, кога сам пропустио да поменем у предговору првог издања, као и колегици Тини Дашић и колегама Петру Анагности и Мирку Мелентијевићу.

Београд,  
Август, 2009.

Љубодраг Савић.

# САДРЖАЈ

	стрaнa
СПИСАК ТАБЕЛА .....	xii
СПИСАК СЛИКА .....	xiii
СПИСАК ВАЖНИЈИХ ОЗНАКА .....	xxi
ПРЕДГОВОР.....	1
УВОД.....	1
<b>I ВОДОПРИВРЕДА - ГАЗДОВАЊЕ ВОДАМА.....</b>	<b>3</b>
I.1 ОПШТЕ О ВОДАМА.....	3
I.2 НЕУСКЛАЂЕНОСТ ДОТИЦАЈА И ПОТРОШЊЕ.....	4
I.3 ВОДОПРИВРЕДА.....	5
I.4 ВОДОПРИВРЕДНО ПЛАНИРАЊЕ, СМЕРНИЦЕ, ВОДОПРИВРЕДНА ОСНОВА .....	5
I.5 ХИДРОТЕХНИКА .....	6
ЛИТЕРАТУРА.....	6
<b>II АКУМУЛАЦИОНИ БАСЕНИ И РЕГУЛИСАЊЕ ПРОТИЦАЈА.....</b>	<b>7</b>
II.1 РЕГУЛИСАЊЕ ПРОТИЦАЈА, УЛОГА АКУМУЛАЦИЈА.....	7
II.2 ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ АКУМУЛАЦИЈЕ.....	8
II.3 КОРИСНА ЗАПРЕМИНА АКУМУЛАЦИЈЕ .....	9
II.4 ВИДОВИ РЕГУЛИСАЊА ПРОТИЦАЈА.....	16
II.5 ВРСТЕ АКУМУЛАЦИЈА.....	17
II.6 ЗАСИПАЊЕ АКУМУЛАЦИЈА .....	18
II.7 ОСТАЛИ ПРОБЛЕМИ АКУМУЛАЦИЈА.....	21
II.8 ТРАНСФОРМАЦИЈА ПОПЛАВНОГ ТАЛАСА У АКУМУЛАЦИЈИ.....	22
ЛИТЕРАТУРА .....	29
<b>III ХИДРОТЕХНИЧКЕ ГРАЂЕВИНЕ.....</b>	<b>31</b>
III.1 ОСОБЕНОСТИ ХИДРОТЕХНИЧКИХ ГРАЂЕВИНА.....	31
III.2 ПОДЕЛА ХИДРОТЕХНИЧКИХ ГРАЂЕВИНА.....	32
III.3 ПРОЈЕКТОВАЊЕ И ПОДЛОГЕ .....	33
III.3.1 Подлоге за пројектовање .....	34
III.3.2 Прорачун хидротехничких грађевина .....	35
III.4 МАТЕРИЈАЛИ И ГРАЂЕЊЕ .....	36
III.4.1 Хидротехнички бетон .....	37
III.4.2 Планирање и фазе извођења радова .....	38
ЛИТЕРАТУРА .....	39
<b>IV БРАНЕ.....</b>	<b>41</b>
IV.1 СВРХА БРАНА .....	41
IV.2 ПОДЕЛЕ И ТИПОВИ БРАНА.....	42

IV.3	ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ БРАНЕ.....	44
IV.4	ИЗБОР ПРЕГРАДНОГ ПРОФИЛА .....	46
IV.5	ИЗБОР ТИПА БРАНЕ.....	47
IV.6	УЗРОЦИ РУШЕЊА БРАНА .....	49
	ЛИТЕРАТУРА .....	51
<b>V</b>	<b>ГРАВИТАЦИОНЕ БЕТОНСКЕ БРАНЕ .....</b>	<b>53</b>
V.1	ОПТЕРЕЋЕЊА КОЈА ДЕЛУЈУ НА ГРАВИТАЦИОНУ БРАНУ .....	55
V.1.1	Хидростатички притисак .....	55
V.1.2	Узгон.....	59
V.1.3	Динамички притисак воде услед таласа и ветра .....	71
V.1.4	Притисак леда.....	74
V.1.5	Притисак наноса (муља) .....	76
V.1.6	Силе од земљотреса – сеизмичке силе .....	76
V.1.7	Тежина бране и темеља.....	80
V.1.8	Реакција темеља.....	81
V.1.9	Комбинације оптерећења.....	81
V.2	СТАБИЛНОСТ ГРАВИТАЦИОНЕ БЕТОНСКЕ БРАНЕ .....	82
V.2.1	Стабилност против клизања (смицања) .....	83
V.2.2	Стабилност против превртања и испливавања .....	86
V.2.3	Прорачун напонског стања методом хоризонталних пресека .....	87
V.2.4	Вертикални нормални напони и одсуство напона затезања.....	87
V.2.5	Смичући напони и хоризонтални нормални напони.....	90
V.2.6	Главни нормални напони и дозвољени (допуштени) напони.....	92
V.3	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ И ОДРЕЂИВАЊЕ ПОПРЕЧНОГ ПРЕСЕКА ГРАВИТАЦИОНЕ БРАНЕ.....	96
V.3.1	Димензионисање поперечног пресека бране .....	96
V.3.2	Круна бране.....	99
V.4	КОНСТРУКТИВНА ПРАВИЛА.....	100
V.4.1	Температурни утицаји.....	100
V.4.2	Узгон, инјектирање и дренажање темеља .....	103
V.4.3	Смањење узгона у телу бране .....	105
V.4.4	Напони у темељним спојницама услед неједнаког слегања.....	106
V.4.5	Припрема темеља.....	106
	ЛИТЕРАТУРА .....	108
<b>VI</b>	<b>ЛУЧНЕ, КОНТРАФОРНЕ И ОЛАКШАНЕ БРАНЕ .....</b>	<b>109</b>
VI.1	ЛУЧНЕ БРАНЕ.....	109
VI.2	КОНТРАФОРНЕ И ОЛАКШАНЕ БРАНЕ.....	116
	ЛИТЕРАТУРА.....	119
<b>VII</b>	<b>НАСУТЕ БРАНЕ.....</b>	<b>121</b>
VII.1	ПРЕЛИВАЊЕ И ПОВРШИНСКА ЕРОЗИЈА .....	122
VII.2	УНУТРАШЊА ЕРОЗИЈА .....	123
VII.2.1	Испирање – суфозија .....	123
VII.2.2	Флуидизација – подизање.....	126
VII.3	АНАЛИЗА СПОЉНИХ СИЛА .....	128
VII.4	ПРОВИРАЊЕ КРОЗ БРАНУ И ПРОВИРНА ЛИНИЈА.....	129

VII.4.1	Касаграндеов поступак за одређивање провирне линије на бази Козенијевог решења.....	130
VII.4.2	Линеарна апроксимација .....	136
VII.4.3	Провирање кроз брану са сложеним – зонираним пресеком.....	137
VII.5	<b>ПРОВИРАЊЕ У ТЕМЕЉИМА</b> .....	139
VII.5.1	Провирање испод бетонске бране у хомогеном нестеновитом тлу ограничене дебљине .....	140
VII.5.2	Темељ из два слоја ("нивоа") – покровни слој и водоносни слој.....	144
VII.5.3	Насуте бране на водонепропусном темељу .....	145
VII.6	<b>ЗАШТИТА ОД УНУТРАШЊЕ ЕРОЗИЈЕ</b> .....	146
VII.6.1	Заштита тела бране.....	146
VII.6.2	Заштита темеља .....	151
VII.7	<b>ПРORAЧУН СТАБИЛНОСТИ КОСИНА И ТЕМЕЉА НАСУТИХ БРАНА</b> .....	157
VII.7.1	Ранкинова метода - Клизање по хоризонталним равнинама.....	157
VII.7.2	Методe критичних клизних кругова.....	159
VII.8	<b>РЕЗИМЕ О ОСНОВНИМ ПРАВИЛИМА ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ НАСУТИХ БРАНА</b> .....	161
VII.9	<b>ТИПОВИ НАСУТИХ БРАНА</b> .....	162
VII.9.1	Земљане бране .....	162
VII.9.2	Бране од каменог набачаја.....	165
VII.10	<b>КОНСТРУКТИВНА ПРАВИЛА И ОРИЈЕНТАЦИОНЕ ДИМЕНЗИЈЕ</b> .....	166
VII.10.1	Земљане бране.....	166
VII.10.2	Бране од каменог набачаја.....	172
	<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	173

<b>VIII</b>	<b>ЕВАКУАЦИЈА ВЕЛИКИХ ВОДА И ЕВАКУАЦИОНИ ОРГАНИ</b> .....	175
VIII.1	ИЗБОР МЕРОДАВНОГ – РАЧУНСКОГ ПРОТИЦАЈА.....	177
VIII.2	ОДРЕЂИВАЊЕ КРИВЕ ПРОТИЦАЈА ДОЊЕ ВОДЕ.....	180
VIII.3	ОСНОВНИ ТИПОВИ И ДИСПОЗИЦИЈЕ БО.....	184
VIII.4	<b>ПРЕЛИВНЕ БРАНЕ</b> .....	188
VIII.4.1	Улазни део – Прелив.....	189
VIII.4.2	Преливи код ниских брана, низводни утицаји, потољено преливање.....	199
VIII.4.3	Преливи контролисани уставима .....	203
VIII.4.4	Утицај мостовских стубова на преливање .....	205
VIII.4.5	Проводник – преливно лице бране .....	206
VIII.4.6	Умирење - расипање енергије .....	221
VIII.4.7	Умирујући базен – слапинге.....	223
VIII.4.7.1	Хидраулички прорачун умирујућег базена.....	228
VIII.4.7.2	Хидрауличко димензионисање умирујућег базена.....	229
VIII.4.7.3	Избор меродавног протицаја за димензионисање базена .....	235
VIII.4.7.4	Динамичка оптерећења у умирујућем базену .....	236
VIII.4.7.5	Базени са нагнутим дном и непризматични базени.....	241
VIII.4.7.6	Двостепени умирујући базен .....	242
VIII.4.8	Заштита корита низводно од базена .....	243
VIII.4.9	Ски одскок.....	246
VIII.4.10	Потољени одскок.....	257
VIII.5	<b>ЕВАКУАЦИОНИ ОРГАНИ ЛУЧНИХ БРАНА</b> .....	260
VIII.6	<b>ПРЕЛИВ СА БРЗОТОКОМ</b> .....	264
VIII.6.1	Чеони прелив .....	265

XI.2.1	Улазни део захвата (улазна – захватна грађевина) .....	380
XI.2.2	Проводник .....	386
XI.2.3	Излазни Део .....	389
XI.2.4	Крива Протицаја .....	390
	ЛИТЕРАТУРА .....	390
<b>XII</b>	<b>ГРАЂЕВИНЕ ЗА ТРАНСПОРТ ВОДЕ – ДОВОДИ</b> .....	<b>393</b>
XII.1	КАНАЛИ .....	393
XII.1.1	Избор попречног пресека и трасе канала .....	394
XII.1.2	Необложени канали .....	398
	XII.1.2.1 Пропена губитака на продуривање из канала .....	399
	XII.1.2.2 Ерозиона стабилност необложених канала .....	400
XII.1.3	Обложени канали .....	412
	XII.1.3.1 Канали са савитљивом (флексибилном) облогом .....	413
	XII.1.3.2 Канали са крутом облогом .....	416
XII.1.4	Пеустаљено течење у каналима .....	419
XII.2	ЗАТВОРЕНИ ДОВОДИ СА СЛОБОДНОМ ПОВРШИНОМ .....	419
XII.3	ХИДРОТЕХНИЧКИ ТУНЕЛИ .....	421
XII.4	ЦЕВОВОДИ .....	427
	ЛИТЕРАТУРА .....	428
<b>XIII</b>	<b>ОБЈЕКТИ НА ДОВОДИМА</b> .....	<b>429</b>
XIII.1	ОБЈЕКТИ ЗА УКРШТАЊЕ .....	429
XIII.1.1	Аквадукти .....	430
XIII.1.2	Сифони .....	434
XIII.1.3	Пропусти .....	439
XIII.1.4	Мостовски стубови .....	454
	XIII.1.4.1 Процена успора изазваног мостовским сужењем .....	454
	XIII.1.4.2 Ерозија услед мостовског сужења .....	460
	XIII.1.4.3 Локална ерозија око мостовских стубова и бочних ослонаца .....	463
	XIII.1.4.4 Заштита од локалне ерозије око стубова и ослонаца .....	472
	XIII.1.4.5 Хидродинамичка сила на стубове .....	474
XIII.2	ОБЈЕКТИ ЗА САЛАДАВАЊЕ ВИШКА ПАДА – КАСКАДЕ (СТЕПЕНИЦЕ, СЛАНОВИ) .....	475
XIII.2.1	Вертикална каскада .....	476
XIII.2.2	Каскада са брзотоком (коси слани) .....	483
XIII.2.3	Брзоток са блоковима .....	483
XIII.3	РИЉЕ СТАЗЕ .....	485
XIII.4	ОБЈЕКТИ ЗА МЕРЕЊЕ ПРОТИЦАЈА У КАНАЛИМА И МАЊИМ ПРИРОДНИМ ВОДОТОЦИМА .....	487
XIII.4.1	Мерна сужења са хоризонталним дном .....	489
XIII.4.2	Широки праг као мерни објекат .....	500
	XIII.4.2.1 Правоугаони широки праг .....	500
XIII.4.3	Остали мерни објекти у каналима .....	505
	ЛИТЕРАТУРА .....	507
	<b>РЕГИСТАР ПОЈМОВА</b> .....	<b>509</b>