

POVEČANJE POPLAVNIH PRETOKOV ZARADI REGULACIJ IN REČNIH PREGRAD ELEKTRARN

Marko Breznik*

V reguliranih koritih rek in v bazenih rečnih hidroelektrarn (HE) se zmogljivost pretoka močno poveča zaradi povečane površine preseka, velikega padca pri odpiranju zapornic in zmanjšane hrapavosti. Naravne poplavne retencije vode so v reki zapolnjene z zaježitveno vodo in ob reki odrezane od nje. Ob visoki vodi izteče zaradi odpiranja zapornic iz bazenov del akumulirane vode. Zaradi hitrejšega in časovno krajšega odtoka je merodajna večja intenziteta padavin. Članek kvantitativno ocenjuje te vplive, ki so veliki in zaradi katerih se bodo katastrofalno visoke vode močno povečale, ter predlaga ustrezne ukrepe.

Vsako poplavno območje poskušajo zaščititi z gradnjo visokovodnih nasipov ali z regulacijo. Nasipi rečnih HE so vedno tudi visokovodni nasipi. Sočasno z zaščito pred poplavami v zgornjem toku se povečuje pretok reke v spodnjem toku in ogroženost s poplavami se tam veča.

Teoretične osnove

Akumulacija vode

V naravnih razmerah se del visokovodnega vala akumulira med prejšnjo in visokovodno gladino reke, del pa v poplavnem območju ob reki. V bazenih rečnih HE ni več retencije visoke vode, ker so stalno napolnjeni z vodo. V regulirani reki so bivša poplavna območja z nasipi odrezana od reke in zaščitena pred poplavo. Iz akumulacijskih bazenov HE izteče ob poplavih del vode pri odpiranju zapornic, kar dolvodno povečuje visoke vode.

Hitrejši odtok

Dno bazenov rečnih HE očistijo grmovja, pozneje se zablati in zmanjša se hrapavost. Zaradi dviga gladine je povečana površina prereza. Padec gladine se z dvigom zapornic hitro poveča. Regulacije skrajšajo dolžino rečnega toka in tudi povečajo padec. Zaradi vseh teh vplivov se močno poveča prepustna sposobnost reke in poplavni val hitreje odteče.

Gornje velja za regulirane struge in verigo rečnih HE. Pri derivacijskih HE teče ob visokih vodah okrog 10 % pretoka po derivacijskem kanalu, razlika pa po stari strugi. Vendar je pretok po njej počasnejši kot v naravnih razmerah, ker grmovje zaraste tisti del struge, ki je osušen. V osušeni stari strugi se tudi akumulira del visoke vode. V kanalskem delu derivacijske HE se vpliv dodatnega pretoka skozi kanal in zmanjšanje prepustne sposobnosti zaradi zaraščene in pretežno suhe

stare struge izenačita ali pa je retencijski vpliv celo večji.

Povečanje intenzitete padavin

Največja visoka voda nastane takrat, kadar priteče do opazovanega profila voda s celotnega povodja ob največji intenziteti padavin v času pretoka voda. Ker se bo v reguliranem ali zaježenem profilu ob visokih vodah čas pretoka skrajšal, bodo merodajne padavine za krajši čas, ki ima večjo intenziteto. Vode Drave, Mure in Save tečejo proti vzhodu, v isti smeri se pomikajo tudi največje padavine pred prehodom hladne fronte. V krajšem času odtoka bo zato večja možnost, da se prikrijeta območja vala visokih pretokov reke in največjih padavin. Večja bo tudi verjetnost seštevavanja visokih valov reke in pritokov.

Podatki o preteklih poplavih

Največje znane poplave na Dravi so bile 1851. leta. V Lavamündu je bil pretok ocenjen na 5000 m³/s (5), na kar so v Sloveniji dimenzionirani vsi prelivi HE (HE Vuhred, 5800). Leta 1851 je bilo središče Ptuj poplavljen z 1,5 m vode.

Leta 1965 so bile velike poplave v srednji Evropi. Glavne padavine so bile v septembru 1965 v zgornjem delu dravske doline in na vzhodnem Tirolskem. Vsoto padavin od 31. 8. do 3. 9. 1965 in potek visokovodnega vala sta obdelala Zettl in Schreiber (21). Povzetek podatkov je v tabeli 1.

Pretok Drave je bil 4. 9. 1965 ob 11. uri v Beljaku 1550 m³/s in istega dne ob 19. uri v kraju Annabürcke 2100 m³/s. Partl (15) poroča, da je bil pretok na gradbišču HE Feistritz 4. 9. okrog,

2200 m³/s, Magnet (1968) pa, da je bil 2400 m³/s. Poplavlil je gradbišče, zato so povečali preliv od 2200 na 3100 m³/s. Na gradbišču jezua Melje v Mariboru je bil 5. 9. ob 19. uri pretok 2412 m³/s, v Ptuj pa 2280 m³/s. Ziemermann (22) poroča o hitrem naraščanju Mure 1. 8. 1965 s pretokom 850 m³/s v Semriachu. V porečju avstrijske Drave je bilo 1965. leta poplavljen 20 000 ha (18). Tudi ob Muri so bile v Avstriji velike poplave pri Wildonnu, Radgoni in drugod. Podatka o poplavljenih površinah nimamo, cenimo pa jih na 5000 ha.

Poplave v novembru 1990 v porečju Save je povzročila premočenost terena zaradi močnih padavin ob koncu oktobra in izredno močnih padavin v porečjih Sore, Kamniške Bistrice in Savinje od 31. 10. popoldne do 1. 11. opoldne. V okrog 150 km dolgem in 50 km širokem pasu je padlo v okrog 20 urah od 150 do 200 mm padavin največ v Javorju nad Poljanami, 192 mm, v Kamniški Bistrici 230 mm, Kravcu 182 mm, Lučah 230 mm, Gornjem Gradu 181 mm, Belih vodah nad Mozirjem 158 mm in Črni na Koroškem 155 mm. Največji pretoki rek in njihova povratna doba so podani v tabeli 2.

Ob izlivu rek so bili v Sloveniji 1. novembra 1990 naslednji pretoki: Sora 731 m³/s, Kamniška Bistrica 425 m³/s ter Sava na meji krog 3200 m³/s. Značilnost poplave v novembru 1990 je, da so imeli poleg Sore poplavne pretoke samo levi pritoki Save od Kamniške Bistrice navzdol ter da Hudinja in Voglajna, ki sta povzročili katastrofalno poplavo v Celju, 1954. leta nista imeli velikih pretokov. Visokovodni val Savinje je pritekel v Radeče 10 ur pred visokim valom Save, kar je znižalo pretok Save na republiški meji.

V novembru 1990 je bilo v porečju Save poplavljenih nad 8000 ha, od tega v porečju Kamniške Bistrice 1265 ha, Sore okrog 1000 ha, Savinjske doline okrog 2000 ha in ob spodnji Savi okrog 4000 ha (Ujma 1991). Škode je bilo 9 milijard DEM, od tega največ na stanovanjskih in industrijskih objektih, zgrajenih v zadnjih desetletjih na poplavnih območjih.

* Dr., Vrtača 8, Ljubljana.

Tabela 1. Padavine od 31. avgusta do 3. septembra 1965 in poplavlni val v porečju Drave (po Zettlu in Schreiberju, 1966).

Reka	Kraj	Nadmorska višina m	Vsota padavin mm	Datum, ura popl. vala	Pretok m³/s	Padavin. območje km²
Gail — Zilja	Luggau	1170	300,5	(164 mm v enem dnevu)		
Gail — Zilja	Waidegg	635	206,2			
Gail — Zilja	Mauthen	1. val		2. sept. 10.00	320	348,6
		2. val		3. sept. 5.30		348,6
Schwarzach	Jakob in Defer.	1410	199,4			
Schwarzach	Hopfgarten			2. sept. 10.00	(250)	287,5
Isel	Prägraten	1340	156,5			
Islitz	Hinterbichl	1. val		2. sept. 10.00	60	35,0
		2. val		3. sept. 2.00	70	35,0
Isel	Brühl			3. sept.	(350)	518,4
Isel	Lienz			3. sept. 8.00	720	1198,7
Möll	Heiligenblut	1380	153,6			
Möll	Obervellach	675	159,1			
Möll	Möllbrucke			3. sept. 0,00	(430)	1096
Malta	Malta	830	97,8			
Lieser	Spital			2. sept. 15.00	400	1036
Drau	Sillian	1080	221,3			
Drau	Oberdrauburg	635	143,7			
Weissenbach	Bleiberg	904	140,9			
Vellach — Bela	Eisenkappel — Železna Kapla	560	168,3			
Tassenbach				3. sept.	(150)	378,8
Drau	Oberdrauburg			3. sept.	(850)	2112,0
Drau	Villach — Beljak			4. sept. 11.00	1550	5266,4
Drau	Annabrück			4. sept. 19.00	2100	7565,8
Gurk	Weitensfeld	705	85,7			
Gurk	Gumisch	1. in 2. val		3. sept. 10.00, 16.00	130	2555,4
		3. val		3.sept. 0—3.00	130	2555,4

Ovrednotenje sprememb glede na poplave v letih 1851 in 1965

Povečana prepustnost reke po letu 1965

Povečano prepustnost zaradi povečane-ga profila, zmanjšane hrapavosti in veli-kega padca ob odprtih zapornicah bo možno izračunati s hidravličnim računom, npr. po modelu RAGLA (Rajar), ali z ma-tematičnim modelom. Nizko jo ocenimo na 20 %.

Izguba retenzije v rekah po letu 1965

Izgubo naravne retenzije računamo za 3/4 odseka reke, ker bo v korenu akumu-lacije zaradi sedimentacije in zaradi nizke gladine ohranjena. Računamo po enačbi $V_1 = B \times 3/4 L \times dh_1$ V_1 — izguba retenzije, B — širina reke, L — dolžina reke, dh_1 — dvig gladine re-ke ob poplavi

Ob poplavi v letu 1965 se je gladina Mure v Cmureku dvignila za 360 cm in gladina Drave v Annabücku za 370 cm. Za no-vo-zgrajene odseke HE na Dravi in Muri je podan izračun izgubljene retenzije v re-kah v tabeli 3. Povprečna širina reke in dvig gladine ob poplavi sta ocenjena na osnovi podatkov.

Izguba retenzije na poplavljenem območju po letu 1965

Izgubljeno retenzijo izračunamo po enač-bi:

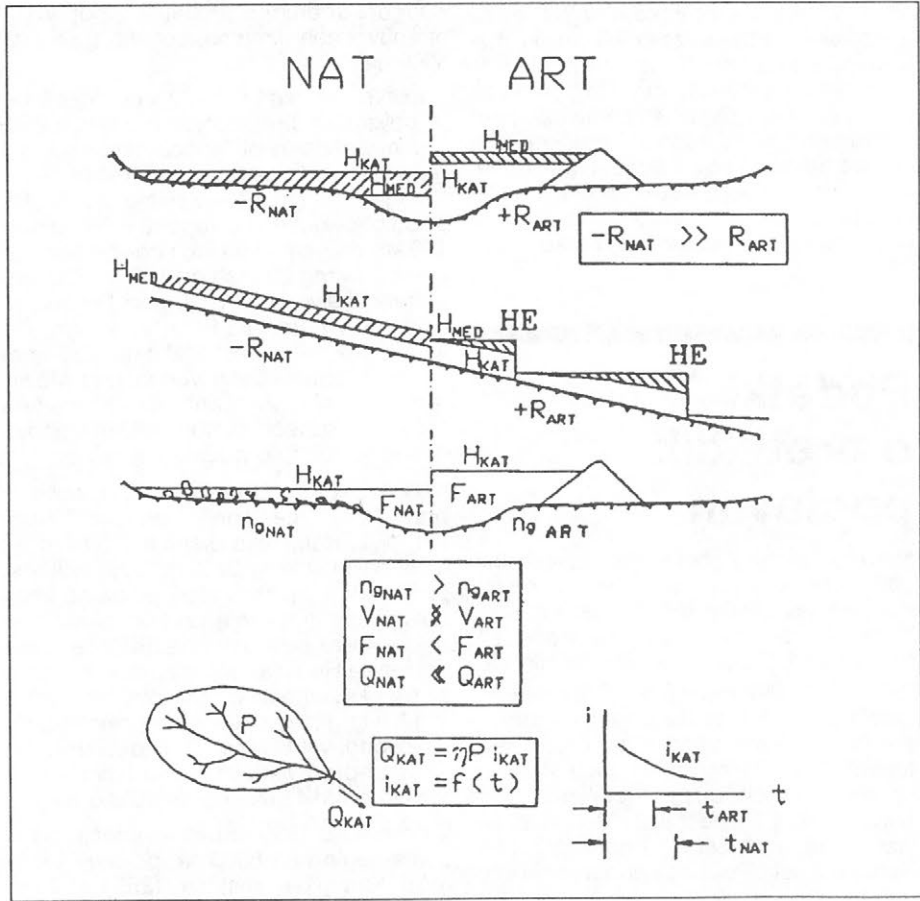
$$V_2 = c \times F \times dh_2$$

V_2 — izgubljena retenzija, F — poplavlje-na površina, dh_2 — povprečna globina vode na poplavljenem območju, c — de-lež zaščitenih območij

Za 20 000 ha poplavljenih površin leta 1965 v porečju avstrijske Drave, 90-od-stotno zaščito in povprečno globino vo-de 0,6 m je $V_2 = 108 \text{ hm}^3$. Za poplavo v letu 1851, ki je bila večja, upoštevamo za 25 % večjo poplavljeno površino in pov-prečno 1,0 m globoko vodo, zato znaša $V_2 = 225 \text{ hm}^3$. Za 5000 ha poplavljenih površin ob Muri, 90-odstotno zaščito in povprečno 0,6 m globoko vodo je $V_2 = 27 \text{ hm}^3$.

Povečan iztok ob dvigu zapornic po letu 1965

Povprečna višina gibljivih zapornic je 10 m. Ocenjujemo, da se bo ob pretoku katastrofalno visokih voda in popolnem dvigu zapornic voda ob pregradah zniža-la za 3 do 4 m na Dravi in za 3 m na Muri. Vpliv iztoka naj bi vplival na 3/4 dolžine



Slika 1. Odtočne razmere v naravnem in umetnem koritu reke (po Brezniku, 1991; 3).
Legenda: NAT — naravne razmere, ART — razmere po regulaciji ali zaježitvi, MED — srednje, KAT — ob poplavi, R — sprememba prostornine akumulacije, H — gladina reke, n_g — hrapavost, v — hitrost odtoka, F — površina prereza, Q — pretok, P — površina povodja, i — intenzivnost padavin, t — čas.

Tabela 2. Poplavne vode v Sloveniji v porečju Save (po Kolbezu, 1991).

Reka	Kraj	Največji opazovani pretok m ³ /s	Leto	Največji pretok 1. 11. 1990 m ³ /s	Povratna doba leto
Sava	Radovljica	887	1926	516	5
	Šentjakob	1610	1926	1417	50
	Radeče	2809	1933	2987	100
Sora	Suha	649	1926	686	nad 100
Kamn. Bistrica	Kamnik	215	1933	282	nad 100
Ljubljanka	Moste	372	1933	296	2—5
Savinja	Nazarje	480	1926	630	nad 100
	Celje	946	1926	1208	pod 100
	Laško	1200	1933	1406	nad 100
Dreta	Kraše	208	1968	236	50—100
Krka	Podbočje	498	1933	276	1—2

Tabela 3. Izguba retencije v rekah po letu 1965.

Reka	Hidroelektrarna	Širina reke m	Dolžina odseka km	Dvig gladine m	Izgubljena retencija hm ³
Drava	Paternion–Villach (Beljak)	70	30	3,0	4,73
Drava	Rosegg–Rožeg–Anabück	95	54	3,7	14,24
Drava	v Avstriji				18,96
Drava	Melje v Sloveniji	100	6	4,0	1,80
Mura	Rabenstein	60	7	3,0	0,96
Mura	Weintodl–Lebring	60	32	3,5	5,04
Mura	Gabersdorf–Spielfeld (Špilje)	60	15	3,6	2,43
Mura	v Avstriji				8,42

Tabela 4. Prostornina vode, ki izteče ob dvigu zapornic za elektrarne, zgrajene po letu 1965.

Reka	Hidroelektrarna	Širina bazena m	Dolžina bazena km	Znižanje gladine m	Iztek vode hm ³
Drava	Paternion–Villach (Beljak)	80	30,0	3	2,70
Drava	Rosegg (Rožek)	150	19,0	4	4,28
Drava	Feistritz (Bistrica)	250	15,0	4	5,63
Drava	Ferlach (Borovlje)	350	9,0	4	4,73
Drava	Annabück	200	15,0	4	4,50
Drava	v Avstriji				21,84
Drava	Melje	150	6,0	3	1,01
Mura	Rabenstein	70	7,0	3	0,51
Mura	Weintodl–Lebring	70	32,0	3	2,52
Mura	Gabersdorf–Spielfeld	70	15,0	3	1,18
Mura	v Avstriji				4,21

bazenov. Gornja četrtina bazenov je pretežno zaporedna. Iztek izračunamo po enačbi:

$$V_3 = \frac{B_3 \times 3/4 L_3 \times dh_3}{2}$$

V_3 — iztekle vode, B_3 — povprečna širina bazena, L_3 — dolžina bazena, dh_3 — znižanje gladine ob pregradi pri dvigu zapornic

Za po letu 1965 zgrajene HE na Dravi in Muri je izračun iztekle vode podan v tabeli 4.

Sezonske akumulacije v gorah — zmanjšanje pretoka

Površina padavinskega območja večjih sezonskih akumulacij v porečju Drave je 400 km², (Fragant 56 km², Malta 129 km²,

Glockner–Kaprun 66 km², Reiseck–Kreut–zeg 16 km², Freibach 44 km², Koralpe 67 km² in manjše 22 km²). Na Muri pa 160 km² (Rotgüldensee 45 km², Pack 106 km² in manjše 9 km²).

Zmanjšanje pretokov ovrednotimo z razmerjem njihovih padavinskih območij v primerjavi s padavinskim območjem Drave po enačbi:

$$RED = \frac{F_A \times k}{F_R} \times 100$$

RED — zmanjšanje visokih vod reke v %, F_A — padavinska površina akumulacij, F_R — padavinska površina reke, k — ocenjen koeficient povečanja padavin v akumulacijah zaradi večje nadmorske višine Padavinsko območje Drave v Avstriji je 11 000 km², gorskih akumulacij je 400 km², $k = 1,4$ ocenjeno in $R = 5$ % ter okrog 2 % na Muri.

Povečanje intenzivnosti padavin

Zaradi krajšega časa odtoka vode v rekah bo merodajna intenzivnost padavin za krajši čas, ki je večja. Ta vpliv nizko ocenjujemo na 10 %, lahko pa je bistveno večji (Kaiser, Heidemann, 1967). Za naše območje je še značilno, da se pas močnih padavin pomika proti vzhodu in da preide naše kraje v enem do dveh dneh. Ker tečejo tudi visoke vode v isti smeri in v podobnem času, lahko pride do seštevanja valov visoke vode in območja najintenzivnejših padavin.

Ocena vplivov novih gradenj na visoke vode Drave in Mure

Teoretična ocena je tista, ki je izvršena s pomanjkljivimi metodami in s pomanjkljivimi podatki. Njen namen je, da pokaže velikostni razred pričakovanega pojava. Na njeni osnovi je možna odločitev, ali so potrebne raziskave z boljšimi metodami in s popolnejšimi podatki, kar je seveda mnogo dražje.

S prostornino vode smo ovrednotili izgubljene retencije v koritu reke in na poplavnem območju ter vodo, ki bo iztekla ob odpiranju zapornic (poglavje 4). Za koliko bo dolvodno povečan poplavni pretok zaradi teh dodatnih prostornin vode, ki se bodo znašale v koritu reke, bo možno ugotoviti z matematičnimi modeloma stanja ob poplavi l. 1965 in sedanjega stanja z verigo hidroelektrarn in z visokovodnimi nasipi pri enakih padavinah kakor v letih 1965 in 1851. To bo obsežna, dolgotrajna in draga naloga, pri kateri imamo mnogo podatkov za poplavo v letu 1965, za poplavo v letu 1851 pa bo treba po urbarjih zbrati podatke za površino in globino vode ob poplavi na avstrijskem Koroškem in vzhodnem Tirolskem.

Teoretično skušamo iz merjenih podatkov za poplavo leta 1965 oceniti povečan pretok na dva načina.

Hidrogram poplavnega vala v merilni postaji Annabück na Koroškem pokaže, da se je intenzivnost naraščanja poplavnega pretoka močno zmanjšala pri pretoku 1200 m³/s, kar dokazuje, da se je takrat začelo obsežno prelivanje na poplavna območja ob reki (slika 2). Za sedanje stanje, ko je izločeno 18,96 hm³ retenzij v rekah (tabela 3) in 108 hm³ retenzij na poplavnem območju (poglavje 4), smo ocenili spremenjen hidrogram v sliki 2. Za sedanje razmere brez retenzij ocenjujemo, da bi voda, ki se je leta 1965 zadržala v retenzijah, iztekla po reki navzdol v 36 urah. Povečanje poplavnega vala bi bilo

$$Q = \frac{V}{t}$$

kjer je Q — dodatni pretok (m³/s), V — prostornina vode izgubljenih retenzij in

212 iztoka ob odpiranju zapornic (m³) in t — čas iztoka (s).

Drugi podatek je hitrost premikanja poplavnega vala (tabela 1). Vrh poplavnega vala je bil v Beljaku 4. 9. ob 11. uri, v Annabrückeju 4. 9. ob 19. uri po Zettlu (21) in ob 20. uri po hidrogramu in na Ptuj 5. 9. ob 19. uri. Razdalja od Beljaka do Annabrückeja je 62 km in hitrost vala je bila 7,7 km na uro. Od Annabrückeja do Maribora je okrog 105 km in hitrost vala je bila 4,6 km na uro. V kanalskih koritih rečnih hidroelektrarn se hitrost vrha poplavnega vala močno poveča. Ta hitrost naj bi bila po izračunih z matematičnimi modeli za okrog 3-krat večja, Bauch (1) pa poroča, da je bila v 500 m dolgem fizičnem modelu Donave večja za 3,3-krat. Za našo spekulativno oceno bomo upoštevali za 20 % večjo hitrost poplavnega vala in računali, da je srednja hitrost pretoka vode polovica hitrosti poplavnega vala. Iz hitrosti vala 7,7 km/h na Koroskem dobimo po tej predpostavki srednjo hitrost toka vode $V_{\text{sred}} = 1,2 \times 7,7 \times 0,5 = 4,62 \text{ km/h} = 1,28 \text{ m/s}$. Za srednjo razdaljo iztoka vode od Beljaka do slovenske meje — 111 km — in gornjo hitrost je potreben čas iztoka $t = 111:4,62 = 24 \text{ ur}$. Za Muro je srednja razdalja iztoka do slovenske meje 70 km, srednjo hitrost iztoka ocenimo na 4 km/h in dobimo čas iztoka 17,5 km/h.

V tabeli 5 so podani izračuni dodatnega pretoka za različno ocenjene čase iztoka vode izgubljenih retenzij in odpiranja zapornic po enačbi $Q = V:t$.

Ostale spremembe zaradi povečanja zmogljivosti pretoka, gorskih akumulacij in povečanja intenzivnosti dežja so izračunane kot odstotek poplavnih pretokov iz let 1965 in 1851.

Možnost gospodarjenja z visokimi vodami

Celotna prostornina akumulacijskih bazenov v avstrijski Dravi je 260 hm³, od tega je 60 hm³ zaprodno, v slovenski Dravi do Melja je 80 hm³ in okrog 20 hm³ zaprodno. V Avstriji že deluje sistem opazovanja padavin in pretokov ter delnega praznjenja akumulacij za prevzem visokovodnih valov. Ta sistem dobro deluje ob visokih vodah, ob katastrofalno visokih pa bo odpovedal, ker bo dogodek hiter in silovit in ga meteorologi ne bodo mogli napovedati dovolj zgodaj, da bi pravočasno izpraznili akumulacije.

V novembru 1990 je v 50 km širokem in 150 km dolgem pasu padlo v Sloveniji 150 do 200 mm padavin, v najbolj prizadetem delu ob Savinji v samo 20 urah. Savinja je dosegla v Laškem nad 100-letno, v Celju pod 100-letno in v Nazarjah okrog 200-letno visoko vodo. Celotne škode je bilo 9 milijard DEM (2, 4). Analize meteorološke napovedi nižinskega stanja na osnovi podatkov londonskega

Tabela 5. Spekulativna ocena dodatnega pretoka na slovenski meji zaradi regulacij in rečnih pregrad elektrarn.

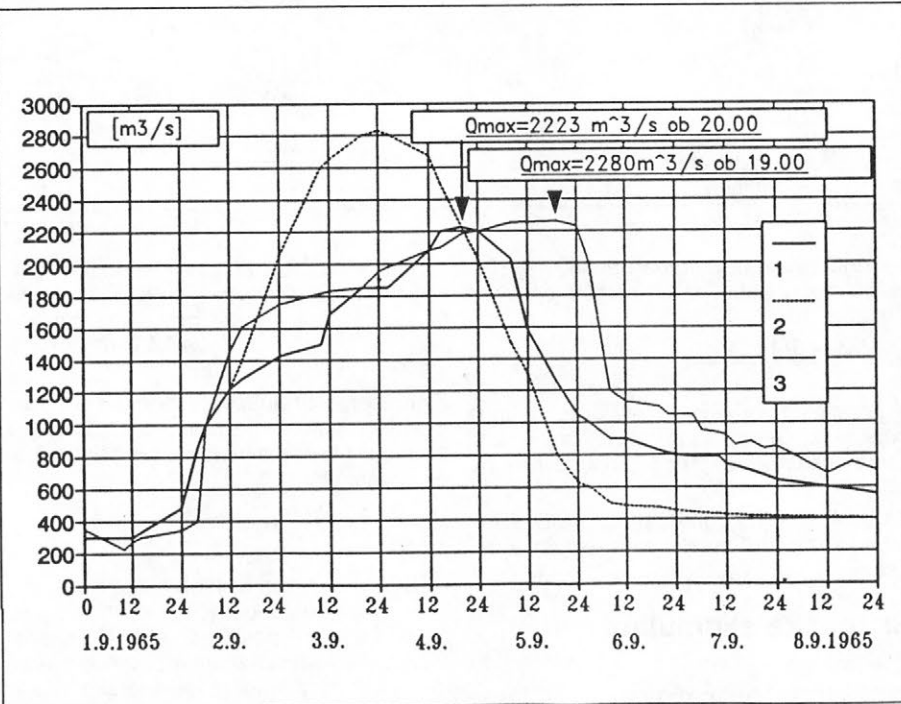
Vpliv	Dodatni pretok m³/s				
	Drava nad $Q_{1965} = 2400 \text{ m}^3/\text{s}$		Drava nad $Q_{1851} = 5000 \text{ m}^3/\text{s}$		Mura nad $Q_{0,1\%} = 2200 \text{ m}^3/\text{s}$
	36	24	36	24	17,5
Trajanje iztoka (h)					
Povečanje zmogljivosti pretoka Discharge capacity increase	480	480	1000	1000	440
Izguba retencije v rekah Retention loss in rivers	146	219	146	219	134
Izguba reten. na poplavnih območjih Retention loss in flood areas	833	1250	1736	2604	429
Iztek ob dvigu zapornic Outflow at lifting of gates	169	253	169	253	67
Gorske akumulacije — zmanjšanje Mountain storages — decrease	-120	-120	-250	-250	-40
Povečana intenzivnost dežja Rain intensity increase	240	240	500	500	220
Skupno povečanje pretoka Total discharge increase	1748	2322	3301	4326	1250

meteorološkega centra in infrardečih satelitskih posnetkov so pokazale, da je bilo možno napovedati samo močne padavine. Katastrofalne padavine bi bilo možno napovedati samo z meteorološkimi radarji za par ur vnaprej (7), kar pa bi bilo na rekah z akumulacijami prepozno za njihovo praznjenje.

Ko sem dokončeval članek, še niso bile objavljene analize poplav ob Donavi v avgustu 1991. Iz časopisnih poročil vemo samo, da je na Bavarskem in Salzburškem močno deževalo od 31. 7., da je padlo na Bavarskem več kot 100 mm padavin na dan, da je bil 1. 8. poplavljen Salzburg, delno poplavljen pa Passau in

Linz, da je dosegla 4. 8. Donava na Dunaju gladino 7 m, kar je bila njena najvišja gladina, ki pa je še naraščala. Donava je 7. 8. poplavlila nižje predele Budimpešte. Površina padavinskega območja je bila majhna za tako velike poplavne vode na Dunaju in v Budimpešti. Zelo verjetno so bile vzrok velikih poplav spremenjene razmere zaradi gradenj, katerih vpliv analiziramo v tem članku. Pojav je bil, tako hiter, da tudi akumulacij verjetno niso mogli pravočasno izprazniti za prevzem poplavnega vala.

Mnogo meteorologov meni, da se svetovna klima spreminja k večjim ekstremom, dolgim sušam in močnem deževju.



Slika 2. Merjena hidrograma na postajah Annabrücke in Ptuj v letu 1965 in prirejen hidrogram brez retenzij za Annabrücke, 1965: 1 — Annabrücke — merjen, 2 — Annabrücke — prirejen, 3 — Ptuj — merjen.

Povzetek in priporočila

Leta 1965 je bilo na avstrijskem Koroškem poplavljenih 20 000 ha. Takrat so že bile zgrajene HE Mariborski otok do HE Dravograd in HE Labote (Lavamünd) do HE Kazaze (Edling na Dravi) in HE Lafnitzdorf ter HE Pegauni HE Gralla na avstrijski Muri.

Sedaj je veriga hidroelektrarn v Avstriji dolga 140 km na Dravi in 88 km na Muri ter 78 km na Dravi do Melja. Bregovi Mure, Zilje, Drave, Isela, Defereggengbacha in drugih rek v Avstriji so zavarovani pred poplavami. Ocenjujemo, da je 90 % leta 1965 poplavljenih površin odrezanih od rek ali vključenih v akumulacije rečnih HE in za retenzijo izgubljenih. Odtočne razmere za katastrofalno visoke vode so se povsem spremenile. Izračun visokih voda s statističnimi metodami (stohastična hidrologija) ni več možen. Spekulativen izračun povečanja pretokov v tem članku napoveduje zelo nevarne razmere predvsem v slovenskem delu, npr. v nižjih predelih Maribora in Ptujja ter drugod.

Z matematičnimi modeli je treba ponaoriti naravno stanje ob poplavah v letih 1851 in 1965 in vpliv spremenjenih razmer na enake padavine ter izračunati katastrofalne pretoke v spremenjenih razmerah in potrebne sanacijske ukrepe.

V avstrijskem delu rek bi bilo potrebno s prelivi na nasipih omogočiti prelivanje katastrofalno visokih vod v bivše naravne retenzije — poplavna območja. Ohranitev retenzij zahteva tudi avstrijska uredba z zakonsko močjo iz 1979. leta. V slovenskem delu teče gorvodno od Maribora Drava v soteski in nima niti poplavnih območij niti obrežnih nasipov HE.

V Sloveniji je treba povišati protipoplavne nasipe ob rekah; ob Dravi in Muri naj bi jih sofinancirali tudi povzročitelji pričakovanih večjih poplav. Bivša poplavna območja naj bodo namenjena kmetijstvu in ne na novo pozidana, kakor npr. nov trgovski center med Dravo in Ziljo v Beljaku, Melje v Mariboru, Budina na Ptujju idr. V novembru 1990 je bila v Sloveniji največja škoda na stanovanjskih in industrijskih objektih na bivših poplavnih območjih.

Ker je velik del akumulacij zgrajen iz nasutih obrežnih nasipov, bo treba upoštevati za Q_{KAT} več kakor tisočletno vodo — $Q_{0,1\%}$.

Največja nevarnost katastrofalno visokih voda je od julija do septembra in v toplih jesenih še nekoliko dlje. Kot kompenzacija za poslabšane odtočne razmere ob poplavah bi morali vnaprej znižati gladino vode v bazenih rečnih elektrarn za 2 do 3 m, da ne bi ob poplavi iztekel še del akumulirane vode zaradi dviga zapornice in da bi rezervirali del akumulacije za prevzem poplavnega vala, ki bo zaradi gradenj povečan. Tudi bazena HE Kazaze (Edling) in HE Žvabek (Schwabeck) naj bi bila v kritičnih mesecih delno

izpraznjena in pripravljena za prevzem poplavnega vala, ker bodi zpraznjene retenzijske prostornine v ostalih bazenih premajhne za prevzem povečanega poplavnega vala.

Napovedana gradnja verige rečnih elektrarn na spodnji Savi bo povečala katastrofalno visoke vode na meji s sosednjo državo. Zaradi izničenja ali zmanjšanja tega negativnega vpliva je treba že v koncesijski pogodbi za izkoriščanje Save zahtevati, da bodo ob katastrofalno visokih vodah prelivali del pretoka na sedanje poplavne površine, ki morajo ostati nezazidane. Na obrežnih nasipih je treba zato zgraditi bočne prelive. Druga zahteva pa naj bo to, da bo v kritičnih mesecih gornji del akumulacijskih bazenov — okrog 2 m — rezerviran za prevzem povečanega poplavnega vala. To zahtevo naj projektanti upoštevajo že sedaj tako, da bodo turbine dovolj globoko pod spodnjo vodo, kar bo preprečilo izgube energije ob pogonu z znižano gladino. Del povečanja poplavnega vala naj bi prevzel tudi bazen HE Mokrice, ki bi moral imeti v kritičnih mesecih znižano gladino.

Med poplavo v novembru 1990 je hrvaški minister za vodno gospodarstvo nervozno spraševal, ali bo pretok Save na meji presegel $3200 \text{ m}^3/\text{s}$, kar so smatrali za največji možni dotok. Pretok Save na meji je že bil $3650 \text{ m}^3/\text{s}$ v povsem naravnih razmerah. Znižanje največjega poplavnega pretoka na meji na $3200 \text{ m}^3/\text{s}$ naj bi dosegli z gradnjo 500 milijonov m^3 protipoplavnih akumulacij v Sloveniji, kar je bila želja načrta o regulaciji Save iz leta 1970. Te akumulacije ne bodo nikoli zgrajene, ker zanje ni niti primernih prostorov niti ugodnih geoloških razmer. Po plazovih v novembru 1990 je zaradi geoloških razlogov odpadla akumulacija Podvolovljek, ki je bila ena izmed možnih, in tudi druge v tufskih sedimentih. Predstavnikom sosednje države je treba jasno povedati, da želenih protipoplavnih akumulacij v Sloveniji ni možno zgraditi in da morajo računati na nezmanjšane poplavne pretoke na meji.

1. Bauch, W., 1968. Die Hochwasserwelle im ungestauten und gestauten Fluss. Wass. Wirt. 58, Stuttgart, 11—15.
2. Breznik, M. 1991. 1. Poplave v novembru 1990 — analiza, kritika, naloge. Zbornik referatov Vodna ujma, Slovenj Gradec, 43—57.
3. Breznik, M. 1991. 2. Povečanje velikih voda Dunava, Drave i Mure zbog regulacija i izgradnje hidroelektrana. Vodoprivreda 23, Beograd, 3—9.
4. Breznik, M. 1991. 3. Analiza ujme 1990, kritika, naloge. Ujma 5, Ljubljana, 121—123.
5. Dams in Austria, 1991. Nat. Com. on Large Dams. Wien, 317.
6. Dravske elektrarne Maribor, 1963. ELES, Ljubljana, 52.
7. Gregorčič, B. 1991. Zmožnost napovedovanja vremena. Ujma 5, Ljubljana, 161—163.
8. Guentschl, E. 1966. Die Hochwasserkatastrophen in Jahre 1965. Öst. Wass. Wirt. 18, Wien, 62—70.

9. Hidroelektrana Čakovec, 1981. Elektropriroda Zagreb, 8.
10. Hidroelektrana Dubrava, 1986. Elektropriroda Zagreb, 16.
11. Kar, J., 1966. Das Katastrophenjahr 1965. Öst. Wass. Wirt. 18, Wien, 49—50.
12. Kayser, R., E. Heidemann, 1967. Die Häufigkeit von Niederschlagsmengen in Mehrtagesperioden. Wass. Wirt. 57/4, Stuttgart, 170—174.
13. Kolbezen, M., 1991. Hidrološke značilnosti novembrske visoke vode leta 1990. Ujma 5, Ljubljana, 16—18.
14. Kraftwerke und Projekte, 1982. Öst. Draukraftwerke, Klagenfurt, 28.
15. Partl, R., 1966. Die Wasserkraftnutzung während der Hochwasser 1965. Öst. Wass. Wirt. 18, Wien, 96—101.
16. Pircher, W., 1990. The contribution of hydropower reservoirs to flood control in the Austrian Alps. Proc. Laus. Symp., Lausanne, 3—10.
17. Rajar, R. 1975. Računalniški program računa gladin. Univerza v Ljubljani.
18. Wurzer, E. 1966. Das September — Hochwasser in Kärnten und Osttirol. Öst. Wass. Wirt. 18, Wien, 71—76.
19. Wurzer, E. 1984. 75 Jahre Schutzwasserwirtschaft und landeskultureller Wasserbau. Öst. Wass. Wirt. 36, Wien, 257—268.
20. Widmann, R., 1988. Influence of alpine reservoirs on flood discharge. ICOLD Congr. Vol. 4, San Francisco, 1471—1483.
21. Zettl, H., H. Schreiber, 1966. Hydrographische Charakteristik der Hochwasserereignisse des Jahres 1965 in Österreich. Öst. Wass. Wirt. 18, Wien, 51—62.
22. Ziemermann, R., 1966. Beschädigungen von Anlagen der Österreichischen Bundesbahnen durch die Hochwasser Katastrophen im Jahre 1965. Öst. Wass. Wirt. 18, Wien, 93—96.

Marko Breznik

Increase of Flood Discharges due to Regulations and River Barrages of Power Plants

In regulated river beds and in reservoirs of river barrages of power plants the capacity of the flow is being increased due to the enlarged cross section, great head at lifting of gates and reduced roughness. Natural retentions of water in the river are filled with reservoir water and flood areas isolated from the river. Opening of the gates at high waters causes to some extent the outflow of accumulated water from the reservoirs. Due to the accelerated and shorter outflow the intensities of precipitation become greater. The paper not only gives a quantitative estimate of those significant influences which will cause the great increase of dangerous flood water but also suggests the appropriate measures to be taken.