

Promjene režima otjecanja tekućica u gornjem dijelu poriječja Habura u sjeveroistočnoj Siriji u drugoj polovici XX. stoljeća – dio II: srednji mjesečni protoci

Danijel Orešić, Georgos Bahnan

U članku se nastavlja razmatranje promjena režima otjecanja Habura i njegovih pritoka u zavali Gornje Đezire, glavnoj žitnici Sirije. Usporedbe godišnjeg hoda srednjih mjesečnih protoka, koeficijentata varijacije i asimetrije, mjesečnih modularnih koeficijentata protoka, pojava maksimuma i sezonske raspodjele protoka iz razdoblja 1961.-1981. i 1981.-2000. pokazale su znatne razlike. Osim izrazitog smanjenja srednjih protoka u svim mjesecima, prirodni režim otjecanja je izmijenjen, što se ponajprije očituje u manjem otjecanju koritima u vegetacijskom razdoblju. Uzroci zabrinjavajućih promjena su veliki zahvati u površinske i posebno podzemne vodne resurse radi natapanja. Time je smanjena izravnavajuća uloga podzemnih voda, te su nizovi iz 1981. - 2000. varijabilniji.

Ključne riječi: Sirija, poriječje Habura, riječni režim

River Regime Changes in the Upper Part of Khabour Catchment Area in North-Eastern Syria in the Second Half of XXth century – Part II: Mean Monthly Runoff

The paper deals with the changes in river regimes of the Khabour River and its tributaries in the Upper Jazirah region, most important Syrian cotton and wheat production area. The comparison of the mean monthly runoff distributions, coefficients of variation and asymmetry, distribution of maximums and seasonal distributions in the periods 1961-1981 and 1981-2000 showed significant changes. Beside significant lowering of mean monthly runoffs all year round, there are changes in the natural river regime, primarily in much lesser runoffs during the vegetation period. It is a consequence of an intense growth in agricultural water usage, mainly the use of ground-water, which lead to higher variability of runoffs.

Key words: Syria, Khabour cathment area, annual runoff

UVOD

Rasčlamba srednjih mjesečnih protoka, odnosno režima Habura i njegovih pritoka u sjeveroistočnoj Siriji nastavak je razmatranja promjena režima otjecanja tekućica u gornjem dijelu poriječja Habura koje je započeto analizom godišnjih protoka (Orešić, Bahnan, 2005.). U tom prethodnom članku dat je prikaz istraživanog područja, prethodnih istraživanja kao i podataka i metoda rada. Uvodno stoga kratko ističemo da se istraživano

područje nalazi na sjeveroistoku Sirije i jasno je reljefno i hidrografski izdvojen kraj, tradicionalno zvan Gornja Đezira. Rijeka Habur je oduvijek okosnica Gornje Đezire. U Gornjoj Đeziri bujičaste tekućice s Torosa redovito su nakon proljetnih poplava ostavljale plodan mulj koji je svake godine obiljem minerala hranio tlo, dakle, plodno i pogodno za poljodjelsku obradu. Komercijalna poljodjelska proizvodnja razvija se od 1950-ih, pa namjesništvo Hassaka, koje se u dobroj mjeri poklapa s istraživanim područjem, prerasta u sirijsku žitnicu već 1960-ih.

Za razumijevanje promjena režima o kojima će biti riječ, važno je istaknuti da je gornje poriječje Habura vodeće sirijsko poljodjelsko područje. U ukupnoj površini Sirije namjesništvo Hassaka čini 12,6 % površine Sirije, no obrađeno zemljište u namjesništvu iznosi gotovo 1/4 svih obrađenih površina u Siriji (Bahnan, 2003.). Najvažnija žitarica koja se uzgaja u namjesništvu jest pšenica. Od 1984. do 2000. godine u namjesništvu se bilježi stalan porast zasijanih površina pod pšenicom, tako da su zasijane površine gotovo udvostručene, s 446964 ha na 735388 ha (udio u Siriji oko 40%). Od svega oko 76000 ha 1990. natapane površine pod pšenicom povećale su se na gotovo 270000 ha 1993. Od tada nema značajnijih promjena, između ostalog zbog širenja drugih natapanih kultura, posebice pamuka. Sirija je pamuk odabrala kao jedan od svojih strateških proizvoda, pa u državi postoji trend povećanja površina pod pamukom. Hassaka, odnosno Gornja Đezira je najvažnije područje uzgoja pamuka u Siriji. Godine 1984. u namjesništvu je bilo oko 45000 ha površina pod pamukom, da bi krajem 1990-ih bilo oko 100000 ha pod pamukom, ili 45,5 % svih sirijskih površina pod pamukom. Sve površine pod pamukom se natapaju, kako u namjesništvu Hassaka, tako i u Siriji.

Promotre li se ukupno natapane površine u namjesništvu Hassaka, 1984. bilo je natapano 113023 ha ili samo oko 8 % obrađenog zemljišta. Najveće promjene dogodile su se od 1992. do 1994. kada je došlo do velikog povećanja broja poljoprivrednih bunara i korištenja brana Hassaka Zapad i Hassaka Istok izgrađenih 1990. Vrhunac porasta udjela natapanog zemljišta dosegut je 1998. kada je natapano 410299 ha ili čak 32 % obrađenog zemljišta. Nakon toga, zbog prvih problema u zahvaćanju podzemne vode i ograničenja u bušenju novih bunara, dolazi do stagnacije, ali se očekuje da će nove brane kao što je Al Basel (Južna Hassaka) ponovno podići udio natapanog zemljišta u kotaru. Zaključno, upravo je dramatičan porast natapanih površina u namjesništvu Hassaka koji je od 1984. do 2000. godine porastao za gotovo tri i pol puta (indeks promjene 345 %). U istom razdoblju u Siriji su se natapane površine udvostručile (indeks promjene 196 %).

Razmjerno brz društveno-gospodarski razvoj, napose razvoj poljodjelstva, dovelo je do pretjeranog iskorištavanja prirodno razmjerno obilnih vodnih resursa, što se odrazilo na promjenama u otjecanju površinskih i podzemnih voda. Članak ima za cilj prikazati promjene u režimu otjecanja površinskih voda, poglavito prikazom promjena riječnog režima Habura.

Razmatrajući rad hidroloških postaja, općenito se može reći da su redovita i pouzdana mjerenja na postajama u istraživanom području obavljana na Haburu u Ras al Aynu, Hassaki i Tal Tameru te na Đakđaku u Kamišliju. Na postajama na rijekama Đardapu i Zarkanu se tek od 1995. redovito svakodnevno obavlja mjerenje. Razmatranje režima tekućica u mogućnosti smo provesti na temelju raspolaganja nizovima podataka s hidroloških postaja

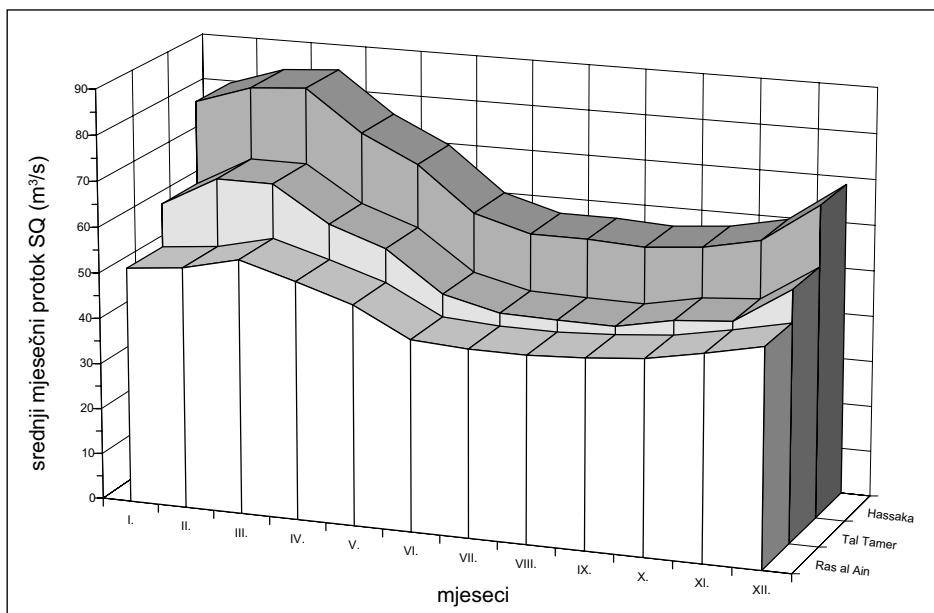
Ras al Ain (1943. - 2000., N = 58), Tal Tamer (1943. - 2000., N = 58) i Hassaka (1943. - 2000., N = 58) na Haburu i Kamišli (1961. - 2001., N = 41) na Đakđaku. Postoje i kraći noviji nizovi (1995. - 2001., N = 7) na postajama na Đardapu i Zarkanu.

Za razmatranje prirodnog režima Habura nije bilo uputno koristiti niz koji bi odgovarao klimatološki standardnom nizu 1961. - 1990. jer bi tada najvećim dijelom bilo zahvaćeno razdoblje u kojem je došlo do dramatičnih promjena prirodnog otjecanja. Stoga je primjerenije bilo učiniti usporedbu dvaju uzastopnih dvadestogodišnjih razdoblja 1961. - 1980. i 1981. - 2000. To su dovoljno dugi nizovi na temelju kojih se mogu izvesti zaključci o režimima, ali na kojima će se jasno istaknuti razlike prije i poslije intenzificiranja eksploatacije vodnih resursa ponajprije za potrebe natapanja.

REZULTATI I RASPRAVA

Obilježja prirodnog režima otjecanja

Kao ni kod godišnjih protoka, tako ni kod razmatranja mjesečnih protoka nije moguće mnogo zaključiti o Đakđaku s obzirom da je Turska strana već 1960. godine na rijeci Đakđak nedaleko granice sa Sirijom izgradila zaporna vrata kojima može prekinuti protok (ali ne i regulirati). Zbog zatvaranja zapornice u kolovozu i rujnu Đakđak kod Kamišlija u dvadesetogodišnjem razdoblju 1961. - 1981. u jedanaest slučajeva praktički nema uopće protoka čitav mjesec.



Sl. 1. Srednji mjesečni protoci na vodomjernim postajama Ras al Ain, Tal Tamer i Hassaka na rijeci Habur u razdoblju 1961.-1980.

Fig. 1 Mean monthly runoff distribution on watergauge stations Ras al Ain, Tal Tamer and Hassakah on Khabour River in period 1961-1980

Preostaje detaljnije razmatranje godišnjeg hoda na tri postaje na Haburu za koje ima podataka iz 1961. - 2000, a to su Ras al Ain, Tal Tamer i Hassaka. Režim otjecanja Habura u razdoblju 1961. - 1980. u kojem je pretpostavljeno da je prirodan ritam otjecanja razmjerno malo izmjenjem tadašnjim praktičkim društvenim potrebama imao je slijedeća jasna obilježja (sl. 1):

1) Postoji razmjerno obilato i stabilno otjecanje koje se i u sušnom razdoblju održava na 40-ak m^3/s ili više u svim razmatranim postajama. Dakle napajanje rijeke oslanja se u najvećoj mjeri na otjecanje u podzemlju, odnosno na protoke s izvorišta Ras al Ain, koje se prihranjuje dotokom iz srednjoeocenskog vodonosnika koji se poglavito opskrbljuje u Turskoj. U navedenom razdoblju potvrđuju se zaključci (studija Bulgarian Agrocomplex Co., 1976.) o stabilnosti i masi vode koja dotječe ovim vodonosnim kompleksom (proračuni minimalnog ili baznog protoka). Naravno, drugi oslonac jest površinski dotok, odnosno opskrba od padalinskih voda, manja količinom od prve i znatno promjenljivija sezonski i od godine do godine.

2) Količina vode sustavno raste u nizvodnijim postajama, s tim da su veće razlike u vlažno a manje u sušno doba godine. Jasno je da je povećanje protoka odraz nizvodijeg porasta slijevnog područja, no ovdje je vrlo važno istaknuti da tijekom toka Habura postoje velike razlike u prihrani sa slijevnih područja. Prema podacima hidroloških istraživanja FAO-a (Khouri, 1966.) utvrđeno je da je kod postaje Tal Tamer slijevna površina 10225 km^2 , kod Hassake prije ušća Đakđaka 11225 km^2 , i kod Swara (40 km od ušća Habura u Eufurat) 31200 km^2 . Na temelju srednjih protoka na tim postajama izračunato je da slijevno područje između Tal Tamera i Hassake površine 1000 km^2 ima razmjerno velik kapacitet s prosjekom padalina u njemu 445 mm godišnje. Porast srednjeg protoka iznosio je prema tim proračunima od 49 m^3/s kod Tal Tamera na 54,3 m^3/s kod Hassake. Između Hassake i Swara nalazi se cijelo poriječje Đakđaka s Radom površine 12500 km^2 , s godišnjim prosjekom padalina od 397 mm te ostalo slijevno područje između Hassake i Swara ukupne površine 7475 km^2 sa svega 222 mm prosječnim godišnjim padalinama, jer je to sušno područje Donje Đezire. Porast protoka između Hassake i Swara iznosio je s 54,3 m^3/s na svega 56,5 m^3/s , što govori o razmjerno velikim gubicima u poriječju Đakđaka s Radom, ponajprije na račun isparavanja, najviše u močvarištu Radda. Ovo istraživanje nije bilo detaljno, a ni hidrološki posebno precizno, ali dokazuje da postoje velike lokalne razlike.

Glede većih razlika u vlažno doba godine, Habur jest rijeka koja se vodom prihranjuje poglavito iz krških vrela koja u području Ras al Aina imaju razmjerno stalan protok (od oko 40 m^3/s , s malim promjenama tijekom godine), a godišnji hod protoka rezultat je godišnjeg hoda kiša u regiji. Budući da su kiše uglavnom distribuirane od studenog do travnja, tada su i najveće razlike između postaja, tj. tada je razlika u općenitom porastu vode prema nizvodnijim postajama najveća.

3) Postoje dva razdoblja u godišnjem hodu protoka: razdoblje visokih voda od prosinca do svibnja i razdoblje niskih voda od lipnja do rujna. To je sasvim u skladu sa značajkama podneblja. Razdoblja maksimalnog protoka u skladu su s kišnim razdobljem koje u klimatskom prosjeku traje od prosinca do travnja. Postoji uobičajeno zakašnjenje povećanja protoka u koritima za početkom sezone kiša u regiji. To je stoga što se dio padalina gubi isparavanjem, a dio služi nadoknađivanju vode u podzemlju (i vlage u tlu) koja se smanjila

tijekom ljeta i dijela jeseni. Nakon prestanka sezone kiša opadanje protoka također pokazuje određeno kašnjenje, jer osim prihrane iz prvog vodonosnog kompleksa postoji stabilnija opskrba iz sekundarnog vodonosnog kompleksa. Sušno razdoblje nije precizno određeno, te nema jednog određenog mjeseca izraženog minimuma. To se može opaziti iz raspoloživog niza podataka, prema kojima jesu najčešće podjednako niskovodni 6., 7., 8. i 9. mjesec, ali se često niski srednji mjesečni vodostaji javljaju već od travnja i/ili traju do listopada pa čak i studenog. Očito da riječni režim Habura u velikoj mjeri ovisi o stanju u podzemlju, te da je u razdoblju 1961. - 1980. bazni tok bio razmjerno stabilan i visok i za sušnih mjeseci.

Prije izravnog razmatranja godišnjeg hoda iz novijeg razdoblja, zanimljivo je promotriti položaje mjeseca s najvećim srednjim mjesečnim protokom (tab. 1).

Tab. 1. Broj pojave maksimuma u godišnjem hodu srednjih mjesečnih porotoka u postajama na Haburu i Đakđaku u odabranim razdobljima

Tab. 1 Number of occurrences of highest mean monthly runoff on watergauge stations on Khabour and Jaghjagh in selected periods

Mjesec najvećeg mjesečnog SQ (Month of the highest SQ)	Habur												Đakđak		
	Ras al Ain				Tal Tamer				Hassaka				Kamišli		
	1943.-'60.	1961.-'80.	1981.-'00.	total 1943.-'00.	1943.-'60.	1961.-'80.	1981.-'00.	total 1943.-'00.	1943.-'60.	1961.-'80.	1981.-'00.	total 1943.-'00.	1961.-'80.	1981.-'00.	total 1961.-'00.
I.	8	3	1	12	7	4	2	13	8	4	5	17	1	1	2
II.	2	2	9	13	4	5	14	23	2	4	2	8	8	4	12
III.	8	5	4	17	5	4	3	12	6	6	9	21	5	1	6
IV.	0	4	0	4	1	4	0	5	1	4	1	6	3	3	6
V.	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	7	7
VI.	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
XI.	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
XII.	0	4	4	8	1	2	1	4	1	2	2	5	3	4	7

Prema podatcima Hidrološke službe Sirije priredili autori

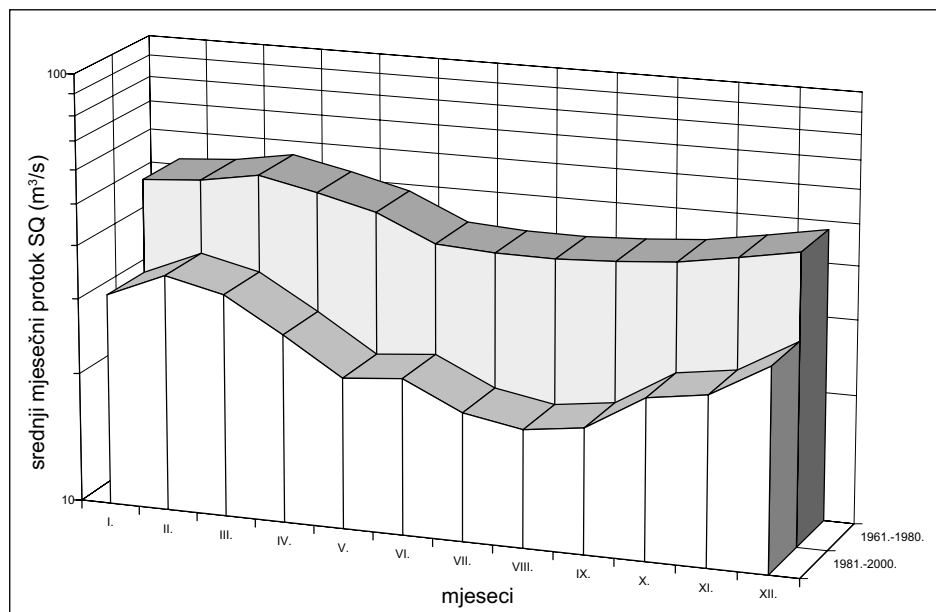
Napomena: U slučaju dviju jednakih vrijednosti u istoj godini uzet je raniji mjesec pojave

Najranije razdoblje u postajama na Haburu, 1943. - 1960. (N = 18), prema pojavi najviših vrijednosti podržava zaključke u studiji Bulgarian Agrocomplex Co. (za razdoblje 1942. - 1970.) da je siječanj najčešći mjesec s najvećim srednjim mjesečnim protokom, a rijetko se javlja u travnju i prosincu. Ožujak je drugi mjesec po učestalosti najvećeg mjesečnog srednjaka. U slijedeća dva dvadestogodišnja razdoblja dolazi do promjena i raniji zaključci danas nisu aktualni. Treba reći da je u svim postajama na Haburu znatno opalo značenje siječnja te on više nije mjesec s najčešćim najvećim srednjim mjesečnim protokom. Razdoblje 1961. - 1980. razmjerno je varijabilno, a najviše mjesečne SQ bilježi najčešće proljeće. Konačno, u najnovijem razdoblju 1981. - 2000. na postajama Ras al Ain i

Tal Tamer na račun siječnja sada odskae veljača kao mjesec s najčešćim najvišim srednjim protokom, a u Hassaki, također na račun siječnja, to je postao ožujak. Prema podatcima o padalinama (1975. - 2000.) bilježi se određen ali vrlo blagi porast kišovitosti u ožujku sjedne strane i vrlo blagi pad ukupne količine kiše u suho doba (V. - IX. mj.) u većini meteoroloških postaja (Bahnan, 2003.). Ipak, ne raspolaze se duljim nizom a ni podatcima iz Turske koji bi potkrijepili te postavke i otkrili njihov intenzitet. Za sada je najlogičnije pretpostaviti da je važan uzrok pomaka sa siječnja na veljaču veća potreba za nadoknađivanjem vlage u tlu, a za pretpostaviti je da je do te potrebe došlo kombinacijom klimatskih promjena (veća sušnost u toplom dijelu godine) i ljudskog djelovanja (prekomjerno crpljenje vode iz tla u vegetacijskom razdoblju). S druge strane, opće smanjenje protoka, koje upućuje na smanjenje važnosti baznog protoka, pogoduje većem utjecaju proljetnih jakih pljuskova što uzrokuje brzo odzivajuće ali kratkotrajne visoke vode.

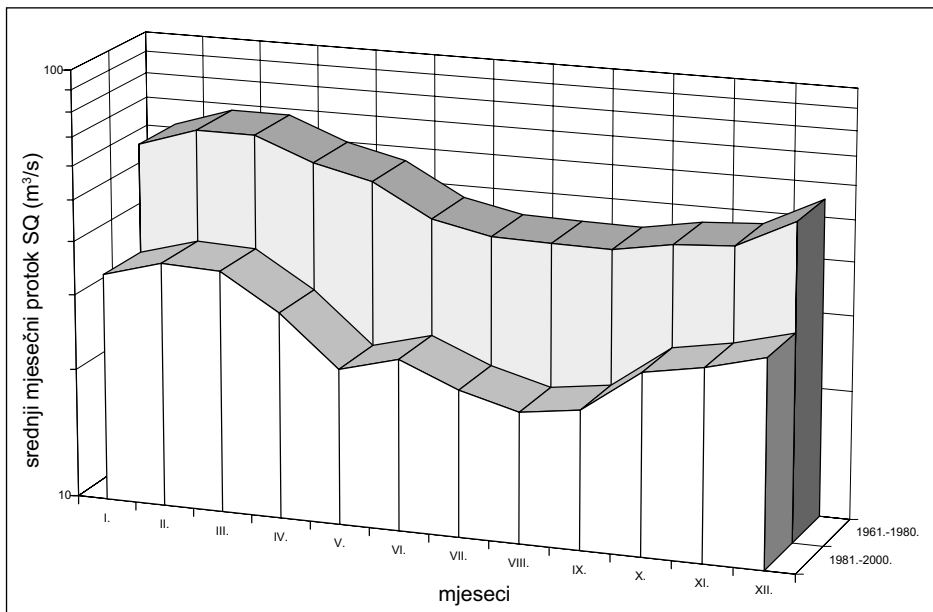
NOVIJE PROMJENE REŽIMA OTJECANJA

Promjene godišnjeg hoda srednjih mjesečnih protoka razmotrene su usporedbom dvaju dvadesetogodišnjih razdoblja, onog već prikazanog iz 1961. - 1980. i novijeg iz 1981. - 2000. godine. Usporedno su prikazani hidrografi za postaje Ras al Ain (sl. 2), Tal Tamer (sl. 3) i Hassaka (sl. 4) na Haburu, te Kamišli na Đakđaku na (sl. 5). Bolja usporedba omogućena je logaritamskim mjerilom na y-osi, budući da su na logaritamskom mjerilu jednake relativne promjene iz mjeseca u mjesec izražene jednakim nagibima krivulje.

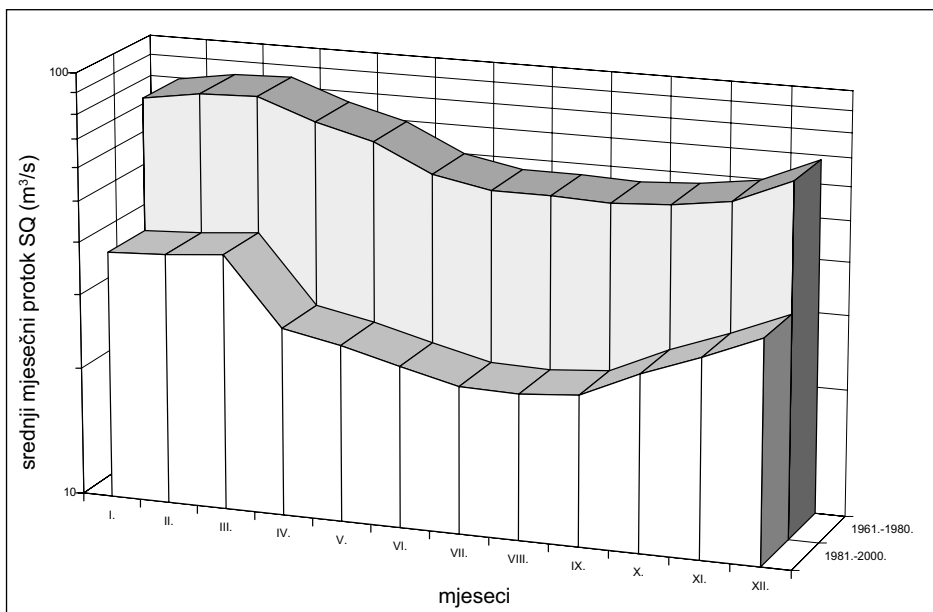


Sl. 2. Srednji mjesečni protoci u Ras al AINU na Haburu, usporedba godišnjih hodova 1961.-1980. i 1981.-2000.

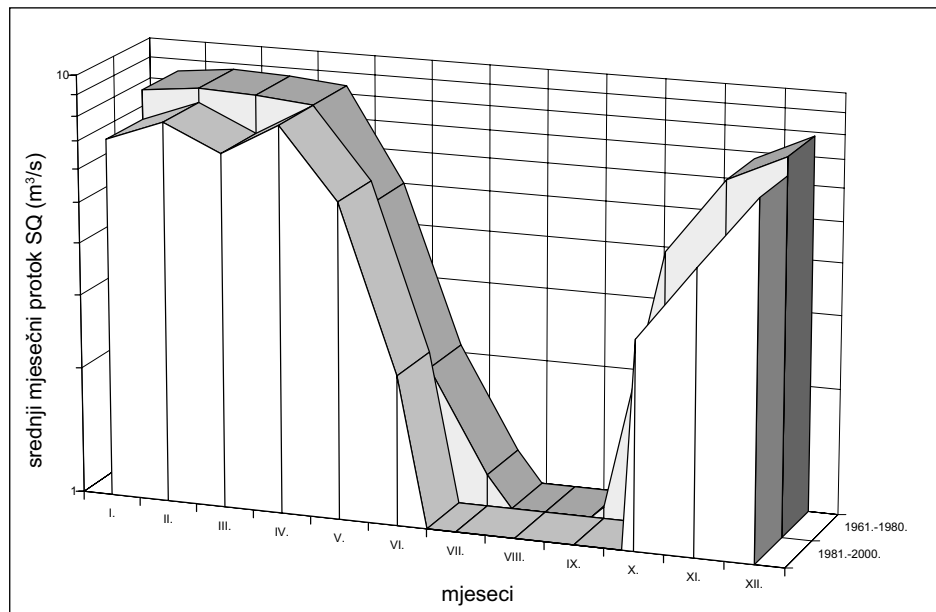
Fig. 2 Mean monthly runoffs in Ras al Ain on Khabour River, regime hydrographs comparison 1961-1980 and 1981-2000



Sl. 3. Srednji mjesečni protoci u Tal Tameru na Haburu, usporedba godišnjih hodova 1961.-1980. i 1981.-2000.
Fig. 3 Mean monthly runoffs in Tal Tamer on Khabour River, regime hydrographs comparison 1961-1980 and 1981-2000



Sl. 4. Srednji mjesečni protoci u Hassaki na Haburu, usporedba godišnjih hodova 1961.-1980. i 1981.-2000.
Fig. 4 Mean monthly runoffs in Hassaka on Khabour River, regime hydrographs comparison 1961-1980 and 1981-2000



Sl. 5. Srednji mjesečni protoci u Kamišliju na Đakđaku, usporedba godišnjih hodova 1961.-1980. i 1981.-2000.
 Fig. 5 Mean monthly runoffs in Qamishli on Jaghjagh River, regime hydrographs comparison 1961-1980 and 1981-2000

Jasno je uočljivo da je u sve tri postaje na Haburu došlo do smanjenja srednjih mjesečnih protoka u svim mjesecima. Protoci su prepolovljeni, a u slučaju Hassake i više nego prepolovljeni u svim mjesecima. Smanjenje je izrazitije u sušnom razdoblju. Ovakvo smanjenje ne može biti odraz prirodnih klimatskih promjena, odnosno poglavito je uzrokovano crpljenjem vode dijelom izravno iz tekućica, a većim dijelom iz podzemlja. Time je smanjena izravnavajuća uloga podzemnih voda, te su svi hidrogrami iz 1981. - 2000. nešto varijabilniji. Veće su razlike između sušnog doba i vlažnog doba godine nego ranije. Promotri li se situacija na hidrogramima u Ras al Aynu i Tal Tameru vidljivo je da je došlo do pojave sekundarnog maksimuma u lipnju, vjerojatno uzrokovanog samo dijelom većom protokom u tom mjesecu zbog proljetnog otapanja snijega u Torosu i proljetnih pljuskova. Ti su proljetni događaji u novijem, općenito sušnijem razdoblju možda jače došli do izražaja, posebno na uzvodnijim postajama, međutim smatramo da je povećanje natapanih površina i režim uzimanja vode za potrebe natapanja odigrao presudnu ulogu. Naime, glavna kultura regije, pamuk, zahtijeva da se nakon sijanja početkom travnja odmah i natapa. To uzrokuje smanjenje u svibnju. Ponovni porast protoka lipnju dijelom je rezultat prekida natapanja pamuka, što se događa od polovice svibnja do polovice lipnja kada je glavno razdoblje rasta pamuka. Također, početkom svibnja prestaje i natapanje pšenice.

U slučaju Hassake sam godišnji hod nije bitno izmijenjen, ali je jasan izrazito manji protok u svim mjesecima. Jasno je uočljivo naglo smanjenje protoka od ožujka na travanj (pamuk). U svim postajama na Haburu vidi se da se javlja “uleknuće” u krivulji godišnjeg hoda srednjih mjesečnih protoka tijekom najsušnijih mjeseci, u razdoblju od

srpnja do rujna, kada su potrebe za vodom u poljodjelstvu (i općenito) najveće, a gubici isparavanjem veliki.

Općenito glavni potrošač vode u razdoblju od srpnja do rujna jest pamuk, koji se tada intenzivno natapa (jer je doba jakog isparavanja) radi sazrijevanja čahura. Osim toga natapa se i ljetno povrće.

Negativne promjene u godišnjem hodu na Đakđaku kod Kamišlija na prvi pogled nisu tako izražene kao na Haburu, no situacija u nizvodnijem dijelu toka zasigurno je bitno drugačija. Ipak, i ovdje je primjetno znatno produljenje razdoblja s jednog na čak tri mjeseca sa srednjim mjesečnim protokom $0 \text{ m}^3/\text{s}$, dakle praktički sa suhim koritom, opet od srpnja do rujna. To je prvenstveno posljedica toga što Turska strana ranije zatvori i kasnije otvori zaporna vrata na svojoj strani i uzima vodu za svoje potrebe, opet uglavnom za natapanje.

Doprinos kvaliteti razmatranja režima jesu koeficijenti varijacije (CV) i asimetrije (Skewness)¹. U razdoblju 1961. - 1980. (tab. 2) u hidrološkim postajama na Haburu godišnji koeficijenti varijacije razmjerno su mali, a vrijednosti koeficijenta asimetrije na godišnjoj razini su pozitivne što je uskladu s činjenicom da su u pravilu u hidrologiji odstupanja u

Tab. 2. Srednji mjesečni protoci, standardna devijacija, koeficijenti varijacije i asimetrije postajama na Haburu i Đakđaku u razdoblju 1961. - 1980.

Tab. 2 Mean monthly runoff, standard deviation, coefficient of variation and coefficient of asymmetry (skewness) on watergauge stations on Khabour and Jaghjagh rivers in 1961-1980

	Habur												Đakdak			
	Ras al Ain				Tal Tamer				Hassaka				Kamišli			
	SQ (m ³ /s)	STDEV (m ³ /s)	CV	Skewness	SQ (m ³ /s)	STDEV (m ³ /s)	CV	Skewness	SQ (m ³ /s)	STDEV (m ³ /s)	CV	Skewness	SQ (m ³ /s)	STDEV (m ³ /s)	CV	Skewness
I.	51,6	21,6	0,42	2,58	61,1	34,5	0,57	3,32	79,5	34,9	0,44	3,36	8,4	1,6	0,19	1,48
II.	52,8	11,0	0,21	0,84	67,7	21,8	0,32	0,72	83,5	21,7	0,26	0,87	8,7	1,2	0,14	0,32
III.	55,7	17,9	0,32	1,99	67,7	27,5	0,41	1,36	84,4	29,9	0,35	1,69	8,6	1,2	0,14	1,23
IV.	52,2	15,5	0,30	1,05	60,0	19,9	0,33	0,84	75,5	23,4	0,31	1,05	8,4	1,7	0,20	0,86
V.	48,3	16,4	0,34	2,50	55,7	21,9	0,39	2,64	69,7	22,2	0,32	2,47	5,0	3,4	0,67	0,92
VI.	42,0	2,9	0,07	-0,04	46,9	3,3	0,07	0,23	60,0	5,8	0,10	0,19	2,1	1,2	0,56	-0,28
VII.	41,2	3,3	0,08	0,03	44,0	4,3	0,10	-0,79	56,6	5,3	0,09	-0,83	1,2	1,0	0,85	-0,08
VIII.	41,1	3,4	0,08	0,18	43,7	4,5	0,10	-0,60	56,6	5,9	0,10	-0,72	0,8	1,2	1,49	1,32
IX.	41,7	3,5	0,08	0,35	43,5	4,8	0,11	-0,80	55,9	7,0	0,13	-0,98	1,1	1,6	1,51	1,36
X.	42,8	2,9	0,07	-0,02	46,0	2,4	0,05	-0,22	57,0	5,9	0,10	-1,18	4,5	1,4	0,31	-0,38
XI.	45,2	3,9	0,09	1,79	47,0	2,5	0,05	0,44	59,7	6,6	0,11	-1,21	6,7	1,2	0,18	-0,13
XII.	47,8	7,0	0,15	2,28	55,0	19,8	0,36	2,29	68,4	21,6	0,32	2,16	7,8	1,8	0,22	1,25
god.	46,9	6,6	0,10	0,80	53,2	9,1	0,17	0,80	67,2	9,8	0,15	0,60	5,3	0,8	0,15	-1,10

Prema podacima Hidrološke službe Sirije izračunali autori

negativnom smjeru od prosjeka češća, ali obično i manja (Srebrenović, 1986.). Koeficijenti varijacije po mjesecima na postajama na Haburu kreću se u rasponu od svega 0,05 do 0,57. U ovom razdoblju u svim mjesecima na svim postajama na Haburu odstupanje od prosjeka u dobroj je mjeri čak ispod polovice standardne devijacije. To nam potvrđuje da su godišnji hodovi u navedenom razdoblju razmjerno stabilni. Najmanje varijabilni mjeseci u postajama na Haburu bili su ljetni mjeseci (VI. - VIII.), kada je razmjerno malo padalina, a utjecaj tada stabilnog baznog protoka jak. Zanimljivo je da su i jesenski mjeseci (IX. - XI.) razmjerno stabilni. Naime, u rujnu i listopadu je unatoč velikoj varijabilnosti padalina (posebno u rujnu) njihova ukupna količina mala a gubici procjeđivanjem u žedno podzemlje i isparavanjem razmjerno veliki (Bahnan, 2003.)

U studenom je nešto više padalina, ali je njihova količina razmjerno ustaljena (Abd al Salam, 1990.). Na Tal Tameru i Hassaki vrijednosti koeficijenta asimetrije za ljetne i jesenske mjesece u pravilu su negativna, što je rezultat izrazitijih negativnih odstupanja već krajem ovog razdoblja, zadnjih nekoliko godina 1980-ih. To je svakako rano upozorenje kasnijih znatno ozbiljnijih promjena. Najvarijabilniji mjeseci u srednjim mjesečnim protocima Haburom bili su mjeseci s najvišim vrijednostima SQ, a za sve tri postaje najvarijabilniji je mjesec siječanj u kojem su se prema koeficijentu asimetrije mogla očekivati povremena izrazita pozitivna odstupanja. U tom razdoblju zaista se ističu 1966., 1968. i 1969. godina sa sezonama poplava na Haburu u siječnju. Koeficijenti pokazuju očekivano razmjerno visoka povremena odstupanja u pozitivnom smjeru u proljetnim mjesecima, posebno travnju i svibnju u kojem su zabilježeni najveći koeficijenti asimetrije, a to je odraz povremenih visokih voda nakon jakih pljuskova (a te su bile česte npr. 1963. godine).

Đakđak kod Kamišlija pokazuje svoj bujični karakter, ali su velike varijacije koje se povećavaju u proljeće i još više u sušnom kolovozu i rujnu s izrazito pozitivnom asimetrijom zapravo uglavnom posljedica turskog nadzora nad protokom Đakđaka.

U novijem razdoblju, od 1981. - 2000. godine došlo je do ozbiljnih promjena koje se odražavaju u vrijednostima srednjeg mjesečnog protoka te koeficijena varijacije i asimetrije za to razdoblje (tab. 3). Najvažnija promjena je znatno povećanje koeficijena varijacije na godišnjoj razini i u razdoblju niskih voda. U Ras al Ainu i Tal Tameru to je popraćeno negativnim koeficijentom asimetrije u onim mjesecima u kojima se potkraj razdoblja počeo znatno smanjivati srednji mjesečni protok. Stanje Habura u Hassaki zaslužuje pozornost, budući da je poprimio izrazito bujični karakter, s velikim varijacijama i pozitivnom asimetrijom u sušnom razdoblju. To zapravo znači da je protok najčešće vrlo malen u sušno doba, pa su i povremena odstupanja izrazitija i naravno pozitivna. Analiza podataka za Habur kod Hassake pokazuje dramatično kako u posljednjih 8 godina razmatranog razdoblja lipanj, srpanj i kolovoz bilježe srednji mjesečni protok $0 \text{ m}^3/\text{s}$. U posljednjih 6 godina praktički bez protoka je cijelo razdoblje od travnja do rujna. Habur je postao sezonska tekućica! Izrazito su zabrinjavajući i trendovi na glavnom izvorištu Habura Ras al Ainu. Znatni su porasti koeficijena varijacije, tako da dok je ranija (1961.-'80.) varijabilnost srednjeg godišnjeg protoka bila 0,1 (uz standardnu devijaciju od $6,6 \text{ m}^3/\text{s}$) sada (1981.-'00.) iznosi 0,43 (uz standardnu devijaciju $11 \text{ m}^3/\text{s}$). Koeficijenti su značajno porasli i za pojedine mjesece u razdoblju od VI. do XII. mjeseca, uz višestruko povećanje standardne devijacije. Izvorište Ras al Ain, nekadašnja "kraljica izvora" (tradicionalan pučki naziv), nesumnjivo je postalo izrazito varijabilno s tendencijom pada izdašnosti!

Tab. 3. Srednji mjesečni protoci, standardna devijacija, koeficijenti varijacije i asimetrije u postajama na Haburu i Đakđaku u razdoblju 1981. - 2000.

Tab. 3 Mean monthly runoff, standard deviation, coefficient of variation and coefficient of asymmetry (skewness) on watergauge stations on Khabour and Jaghjagh rivers in 1981-2000

	Habur												Đakđak			
	Ras al Ain				Tal Tamer				Hassaka				Kamišli			
	SQ (m ³ /s)	STDEV (m ³ /s)	CV	Skewness	SQ (m ³ /s)	STDEV (m ³ /s)	CV	Skewness	SQ (m ³ /s)	STDEV (m ³ /s)	CV	Skewness	SQ (m ³ /s)	STDEV (m ³ /s)	CV	Skewness
I.	31,1	8,7	0,28	0,39	34,0	11,5	0,34	0,38	38,4	19,9	0,52	0,41	7,2	2,3	0,33	0,79
II.	35,5	11,6	0,33	1,16	37,2	13,9	0,37	1,13	39,0	22,6	0,58	0,48	8,1	3,3	0,41	2,02
III.	33,0	13,1	0,40	0,26	36,7	16,6	0,45	0,24	40,2	24,4	0,61	0,17	7,0	2,9	0,41	-0,56
IV.	27,5	11,6	0,42	-0,36	30,2	13,8	0,46	-0,22	27,8	24,9	0,90	0,00	8,4	3,0	0,35	-0,97
V.	22,5	12,8	0,57	-0,16	23,1	12,6	0,55	-0,18	26,1	23,7	0,91	0,11	5,7	3,8	0,67	-0,10
VI.	23,2	12,6	0,55	-0,20	25,1	11,2	0,45	-0,37	24,0	23,2	0,96	0,14	2,3	1,7	0,74	-0,35
VII.	19,9	12,4	0,62	0,10	22,0	11,4	0,52	-0,47	22,3	21,7	0,98	0,25	0,5	0,9	2,05	1,63
VIII.	18,8	12,7	0,68	0,06	20,2	11,9	0,59	-0,33	22,1	21,7	0,98	0,28	0,0	0,1	4,47	4,47
IX.	19,7	13,3	0,68	0,01	21,1	12,5	0,59	-0,31	22,7	21,0	0,93	0,25	0,0	0,0	4,47	4,47
X.	23,8	10,9	0,46	0,12	26,6	12,3	0,46	-0,46	26,2	16,8	0,64	0,59	3,2	2,3	0,74	-0,39
XI.	25,0	10,9	0,44	0,14	28,2	10,8	0,38	-0,40	29,6	16,3	0,55	0,33	4,8	2,3	0,48	-0,26
XII.	29,9	10,9	0,36	0,79	30,6	13,3	0,43	0,61	33,8	19,6	0,58	0,93	7,1	4,1	0,58	2,38
god.	25,8	11,0	0,43	-0,06	27,9	11,6	0,42	-0,35	29,3	20,7	0,70	0,18	4,5	1,3	0,29	-0,51

Prema podacima Hidrološke službe Sirije izračunali autori

Opisano stanje se može opisati katastrofalnim. Ono je odraz prekomjernog crpljenja vode za potrebe natapanja, uglavnom iz podzemlja (oko 76,8% natapanih površina 2000. koristilo je vodu crpljenu s poljoprivrednih bunara) i u manjoj mjeri izravno iz tekućica, koje je počelo početkom 1980-ih i intenzivirano u prvoj polovici 1990. Određene restriktivne zakonske mjere zaštite počele su se provoditi krajem 1990-ih, međutim nelegalno bušenje se nastavilo. Bahnan (2003.) je tako utvrdio oko 20 % nelegalnih poljoprivrednih bunara u namjesništvu Hassaka. Istodobno je dokazano da je uvođenjem suvremenog natapanja (Bakar, 1989.) moguće čak prepoloviti izračunanu sadašnju racionalnu potrošnju u natapanju koja je premašila granice obnovljivih vodnih resursa regije Đezire (Bahnan, 2003.). Osim toga potrebno je provesti planove dovođenja vode iz Tigrisa, u skladu sa sporazumima s Turskom i Irakom (Abasi, 2000.), smanjiti iznimnu ovisnost o vodi iz podzemlja i provesti čitav niz drugih mjera koje su usmjerene k održivom razvoju (Hadid, B. 1990., Bahnan, 2003.).

TIPOVI REŽIMA TEKUĆICA

Za određivanje tipa godišnjeg hoda srednjih mjesečnih protoka najprikladniji su mjesečni modularni koeficijenti protoka tj. odnos srednjih mjesečnih i srednjeg godišnjeg protoka (tab. 4).

Tab. 4. Mjesečni modularni koeficijenti protoka (SQ mjesečni/SQ godišnji) na hidrološkim postajama u gornjem poriječju Habura

Tab. 4 Monthly coefficients of runoff (SQ of the month/SQ year) on watergauge stations in upper Khabour catchment area

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Habur - Ras al Ain	1961.-'80.	1,10	1,13	1,19	1,11	1,03	0,90	0,88	<i>0,88</i>	0,89	0,91	0,96	1,02
	1981.-'00.	1,21	1,38	1,28	1,07	0,87	0,90	0,77	<i>0,73</i>	0,76	0,92	0,97	1,16
Habur - Tal Tamer	1961.-'80.	1,15	1,27	1,27	1,13	1,05	0,88	0,83	<i>0,82</i>	0,82	0,86	0,88	1,03
	1981.-'00.	1,22	1,33	1,31	1,08	0,83	0,90	0,79	<i>0,72</i>	0,76	0,95	1,01	1,10
Habur - Hassaka	1961.-'80.	1,18	1,24	1,26	1,12	1,04	0,89	0,84	0,84	<i>0,83</i>	0,85	0,89	1,02
	1981.-'00.	1,31	1,33	1,37	0,95	0,89	0,82	0,76	<i>0,75</i>	0,77	0,89	1,01	1,15
Đakđak - Kamišli	1961.-'80.	1,60	1,65	1,63	1,59	0,95	0,40	0,23	<i>0,15</i>	0,20	0,85	1,28	1,49
	1981.-'00.	1,59	1,80	1,56	1,86	1,27	0,51	0,10	0,00	<i>0,00</i>	0,70	1,06	1,58
Đardap - Tal Maždal	1995.-'01.	3,03	3,01	2,58	2,52	0,13	0,04	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	0,06	0,14	0,49
Zarkan - Kasma	1995.-'01.	2,74	2,92	2,36	2,64	0,11	0,25	0,11	<i>0,00</i>	<i>0,00</i>	0,07	0,17	0,63

Prema podacima Hidrološke službe Sirije izračunali autori

Na postajama na Đardapu i Zarkanu na raspolaganju je bio samo niz 1995. - 2001., što je prekratkni niz za valjane zaključke, no iz podataka (Orešić, Bahnan, 2005.) je sasvim jasno da se radi o izrazitim sezonskim tekućicama, iako su do 1995. bile stalne tekućice, glavni lijevi pritoci Habura uzvodno od Đakđaka. Od početka 1990-ih opaža se njihovo povremeno presušivanje u duljem razdoblju, odnosno od 1995. počinju presušivati na nekoliko mjeseci, da bi danas bile sezonske tekućice suhe 3 do 4 mjeseca u godini. Uzrok ove pojave nesumnjivo je prekomjerno korištenje vode iz tekućica i crpljenje iz bušenih bunara za potrebe natapanja.

Promotri li se pak prirodni režim Habura, dakle u razdoblju 1961. - 1980., možemo zaključiti da je Habur tekućica koja ima jednostavan režim tj. s jednim vlažnim i jednim suhim razdobljem. To je svakako kišni režim, no blago obilniji protok u svibnju (svibanjskom koeficijentu) dijelom se pripisuje utjecaju snježnice s Torosa. Dakle, radi se o jednostavnom kišnom režimu kojeg Pardé svrstava u široku skupinu maritimnih kišnih režima. To je tip u kojemu je krivulja otjecanja uvjetovana odnosnom između raspodjele padalina i godišnjeg isparavanja, najveći protok je zimi, a najmanji u kasno ljeto, nakon vegetacijskog razdoblja. Maksimalni protoci su u veljači ili ožujku (zimске kiše), a minimalni u kolovozu ili rujnu. Također za taj tip je karakteristično da su zbog visokih temperatura znatno smanjene zalihe vode (prema: Riđanović, 1993.). Sve tri postaje na Haburu pokazuju upravo navedene karakteristike.

Dukić (1984.) navodi da je prema Vojejkovljevoj klimatskoj klasifikaciji još iz 1884. taj tip režima nazivan kišni mediteranski (subtropski) tip. Široko primjenjena jest čuvena klasifikacija geografa-hidrologa L'voviča² (koja kombinira udio glavnog načina opskrbe vodom i udio glavne sezone protoka u ukupnom protoku) prema kojoj se radi o tipu Rx–py, tj. podtipu mediteranskog tipa s utjecajem snježnice. Drugim riječima u prihrani prevladava kišnica i to s udjelom 50-80% (Rx) a u sezonskoj raspodjeli najviše protoka bilježi se u proljeće, i to s manje od 50% (py). Prema podacima iz tab. 5 potvrđujemo nešto veću uravnoteženost prema sezonskoj raspodjeli protoka u razdoblju 1961. - 1980. u odnosu na razdoblje 1981.- 2000. U razdoblju 1961. - 1980. koje smatramo odrazom prirodnijeg stanja razmjerno su male razlike u ukupnim protocima zimskog i proljetnog kalendarskog razdoblja, a u novijem razdoblju 1981. - 2000. na Haburu sve tri postaje bilježe mediteranski podtip Rx–hy, no to je posljedica intenzivnog poljoprivrednog trošenja vode u proljetnim mjesecima.

Tab. 5. Sezonska raspodjela protoka na hidrološkim postajama Ras al Ain, Tal Tamer i Hassaka na Haburu i Kamišli na Đakdaku usporedno u razdobljima 1961.-1980. i 1981.-2000.

Tab 5 *Seasonal discharge on watergauge stations Ras al Ain, Tal Tamer and Hassaka on Khabuur River and Kamišli on Jagghjagh River in compared periods 1961-1980 and 1981-2000*

		Proljeće (III.-V.)		Ljeto (VI.-VIII.)		Jesen (IX.-XI.)		Zima (XII.-II.)	
		mil. m ³	%	mil. m ³	%	mil. m ³	%	mil. m ³	%
Habur - Ras al Ain	1961.-'80.	413,9	28,0	329,0	22,3	339,9	23,0	394,1	26,7
	1981.-'00.	220,0	27,1	163,9	20,2	179,4	22,1	249,5	30,7
Habur - Tal Tamer	1961.-'80.	486,1	29,0	356,4	21,3	357,7	21,4	474,8	28,3
	1981.-'00.	238,4	27,1	178,1	20,3	199,0	22,7	262,8	29,9
Habur - Hassaka	1961.-'80.	608,5	28,7	458,5	21,7	452,3	21,4	598,1	28,2
	1981.-'00.	249,4	27,0	181,1	19,6	205,7	22,3	287,7	31,1
Đakdak - Kamišli	1961.-'80.	58,1	35,1	10,7	6,5	32,2	19,4	64,6	39,0
	1981.-'00.	55,6	39,4	7,2	5,1	20,8	14,7	57,6	40,8

Prema podacima Hidrološke službe Sirije izračunali autori

Prema također poznatoj Kellerovoj tipizaciji³ na temelju modularnih koeficijenata radi se o vrlo uravnoteženim tipovima na Haburu: Ras al Ain Aa 2,8, Tal Tamer Ba 2,8 i Hassaka Ba 3,9. Stabilnost se odražava u malim razlikama mjesečnih modularnih koeficijenata protoka u doba najvećeg i najmanjeg protoka. Ta karakteristika još nije bitno promijenjena ni nakon općeg smanjenja protoka u novijem razdoblju, no sudeći prema izrazito niskim protocima zadnjih nekoliko godina, situacija će se ubrzo promijeniti. To se može uočiti na tipizaciji za Đardap i Zarkan u razdoblju 1995. - 2001. Razdoblje motrenja nije dovoljno dugo, ali ipak treba spomenuti da se tu radi o tipovima izrazitih razlika u godišnjem hodu tipičnim za sezonske tekućice: Tal Maždal Hh 1,7-9 i Kasma Gh 2,8-9.

ZAKLJUČAK

Važno je istaknuti da je gornje poriječje Habura, odnosno zavalu Gornja Đezira (namjesništvo Hassaka) žitnica Sirije u kojoj se krajem XX. st. znatno povećala naseljenost i poljoprivredna proizvodnja. Poljoprivredne površine čine preko polovice površine kotara, a natapa se gotovo trećina ukupno obrađenih površina. Oko 3/4 natapanih površina natapa se iz poljoprivrednih bunara. Ekstenzivna poljoprivredna uporaba vodnih resursa dovela je do znatnih promjena u režimima tekućica.

Usporedbom nizova 1961-1980. i 1981.-2000. s postaja Ras al Ain, Tal Tamer i Hassaka na Haburu i Kamišli na Đakđaku utvrđeno je osjetno smanjenje prosječnih mjesečnih protoka i sve veća varijabilnost u režimima, ponajprije kao posljedica crpljenja vode za natapanje, izravno iz rijeka i najvećim dijelom iz podzemlja, putem poljoprivrednih bunara. Što se tiče ostalih tekućica neke od njih čak su ranije bile stalne, no prekomjernim, pa i ilegalnim crpljenjem vode iz podzemlja, produžavalo se razdoblje bez otjecanja njihovim koritom. Smanjenje protoka na Haburu je zamjetnije od 1980-ih kada je i počelo intenzivnije bušenje poljoprivrednih bunara u regiji. U usporedbi sa starijim dvadestogodišnjim razdobljem u novijem razdoblju, od 1981. - 2000. godine, došlo je do ozbiljnih promjena režima koje se odražavaju u vrijednostima srednjeg mjesečnog protoka te koeficijena varijacije i asimetrije za to razdoblje.

U prirodnom režimu tekućica općenito postoje dva razdoblja u godišnjem hodu protoka: razdoblje visokih voda od prosinca do svibnja i razdoblje niskih voda od lipnja do rujna. To je sasvim u skladu sa značajkama podneblja. Povećanje natapanih površina i režim uzimanja vode za potrebe natapanja odigrao je ulogu u promjenama godišnjeg hoda srednjih mjesečnih protoka. Tako pamuk zahtijeva da se nakon sijanja početkom travnja odmah i natapa. To uzrokuje smanjenje protoka u svibnju. Ponovni porast protoka u lipnju dijelom je rezultat prekida natapanja pamuka, što se događa od polovice svibnja do polovice lipnja kada je glavno razdoblje rasta pamuka. Također, početkom svibnja prestaje i natapanje pšenice.

Važna promjena je znatno povećanje koeficijena varijacije na godišnjoj razini i u razdoblju niskih voda. U Ras al Ainu i Tal Tameru to je popraćeno negativnim koeficijentom asimetrije u onim mjesecima u kojima se potkraj razdoblja počeo znatno smanjivati srednji mjesečni protok. Stanje Habura u Hassaki zaslužuje pozornost, budući da je poprimio izrazito bujični karakter, s velikim varijacijama i pozitivnom asimetrijom u sušnom razdoblju. Opće smanjenje protoka, koje upućuje na smanjenje važnosti baznog protoka, pogoduje većem utjecaju proljetnih jakih pljuskova što uzrokuju brzo odazivajuće ali kratkotrajne visoke vode. U novije doba primjetan je pomak maksimuma sa siječnja na veljaču što je moguće objasniti povećanjem potrebe za nadoknađivanjem vlage u tlu. Za pretpostaviti je da je do te potrebe došlo kombinacijom klimatskih promjena (veća sušnost u toplom dijelu godine) i ljudskog djelovanja (prekomjerno crpljenje vode iz tla u vegetacijskom razdoblju).

Tekućice imaju prirodno režim Rx-py, tj. podtip mediteranskog tipa s utjecajem snježnice. U prihrani prevladava kišnica i to s udjelom 50-80% (Rx) a u sezonskoj raspodjeli najviše protoka bilježi se u proljeće, i to s manje od 50% (py). U novijem razdoblju

1981. - 2000. na Haburu je promjenjen mediteranski podtip u Rx-hy, a to je posljedica intenzivnog poljoprivrednog trošenja vode u proljetnim mjesecima.

Zaključno, u ovom semiaridnom području vodni resursi imaju veliku ulogu u općem razvitku. Dosadašnje upravljanje vodnim resursima bilo je neadekvatno i potreban je napredak na tom polju kako bi se ostvario održivi razvoj regije. Daljnji razvoj poljoprivrede u ovoj sirijskoj žitnici moguć je jedino uz suvremeno upravljanje vodnim resursima. Pretjerano i dobrim dijelom neplansko iskorištavanje vode iz tekućica i podzemlja moglo bi dovesti do poteškoća kakve su već poznate u nekim drugim dijelovima svijeta, rezultirajući u konačnici trajnim gubitkom akvifera odnosno rezervi vode u podzemlju, što bi imalo goleme posljedice ne samo za regiju, već i cijelu Siriju.

POZIVNE BILJEŠKE

1. Koeficijent varijacije pokazuje promjenljivost protoka iz godine u godinu u razmatranom razdoblju. Npr. $CV = 0,40$ za SQ za siječanj u nizu 1961. - 1980. kod postaje Ras al Ain kazuje nam da prosječno odstupanje svih siječanjskih SQ u datom razdoblju iznosi čak 40 % standardne devijacije od aritmetičke sredine niza. Drugim riječima aritmetička sredina je u tom slučaju grublji reprezentant mogućeg siječanjskog protoka nego kad je CV manji. Što je CV manji aritmetička sredina je pouzdanija vrijednost, ili vrijednost oko koje će se u toliko manjem pozitivnom ili negativnom odstupanju zaista i kretati vrijednost protoka. Koeficijent asimetrije (skewnees) pokazuje karakter simetričnosti razdiobe. Pokazuje utoliko veću nesimetričnost krivulje razdiobe, ukoliko je njegova vrijednost udaljenija od nule. Asimetrija distribucije može biti pozitivna ili negativna
2. L'vovičeva klasifikacija rijeka prema tipovima riječnog režima kombinira udio glavnog načina opskrbe vodom (S - snježnica, R - kišnica, G- sočnica i U - podzemne vode) i udio glavne sezone protoka u ukupnom protoku (P - proljeće, E - ljeto, A - jesen i H - zima), pri čemu udjeli mogu biti više od 80% (oznake velika slova npr. R ili H), 50 do 80% (dodaje se x kod glavnog načina opskrbe i y kod glavne sezone, npr. Rx ili Hy) te manje od 50% (oznaka malog slova u kombinaciji s oznakom x ili y, npr. rx ili hy). Primjerice, ako je raspodjela načina opskrbe neke rijeke 60% kišnica, 25% podzemne vode i 15% snježnica, a sezonska raspodjela jest ljeti 55% protoka, u jesen 15%, zimi 10% i u proljeće 20% protoka, tada je to tip Rx-Ey.
3. Kellerov hidroobrazac za tipizaciju podrazumijeva slovnu oznaku za najmanji mjesečni koeficijent protoka (a: 1,00-0,81, b: 0,80-0,71, c: 0,70-0,61, d: 0,60-0,51, e: 0,50-0,41, f: 0,40-0,31, g: 0,30-0,21, h: 0,20 i manje) i za najveći mjesečni koeficijent protoka (A: 1,00-1,19, B: 1,20-1,39, C: 1,40-1,59, D: 1,60-1,79, E: 1,80-1,99, F: 2,00-2,39, G: 2,40-2,99 i H: 3,00 i više). Kategorije F,G i H prilagođene suptropima; u humidnijem podneblju vrijede F: 2,00-2,19, G: 2,20-2,39 i H: 2,40 i više). Primjerice oznaka Dc 3,9 znači da je najveći mjesečni modularni koeficijent protoka u ožujku i iznosi između 1,60 i 1,79 te da je najmanji mjesečni koeficijent u rujnu s vrijednošću 0,61 do 0,70.

LITERATURA

- Abasi, R. D. M., 2000: Problematika voda između Sirije i Turske te Sirije i Iraka od 1921. do 1975. Magistarski rad. Sveučilište u Mosulu (Irak), Geografski odsjek, Mosul.
- Abd al Salam, A., 1990: Opća geografija Sirije. Sveučilišna naklada, svezak 4 (ukupno 4 sveska), Damask.
- Bahnan, G., 2003: Hidrogeografske osnove razvoja naseljenosti kotara hassaka u sjeveroistočnoj Siriji. Doktorska disertacija. Geografski odsjek PMF-a, Zagreb.

- Bakar, A. F., 1989: Mogućnosti razvitka natapanja u Siriji. Doktorski rad. Geografski odjel, Sveučilište u Iskandariji, Iskandarija.
- Dukić, D., 1984: Hidrologija kopna. Naučna knjiga, Beograd.
- Hadid, B. (edit.), 1990: Workshop on water resources development strategy under drought conditions. Konferencija ACSAD, Water resources division, Damascus
- Khoury, J., 1966: Geologija i hidrogeologija Donje Đezire. Iz: Grupa autora: Završni izvještaj FAO za Ministarstvo poljoprivrede A. R. Sirije, Arhiv Ministarstva, Damask.
- Orešić, D., Bahnan, G., 2005: Promjene režima otjecanja tekućica u gornjem dijelu porječja Habura u sjeveroistočnoj Siriji u drugoj polovici XX. st. – dio I: godišnji protoci. Hrvatski geografski glasnik 67/1, Zagreb.
- Riđanović, J., 1993: Hidrogeografija. Školska knjiga, Zagreb.
- Srebrenović, D., 1986: Primjenjena hidrologija. Tehnička knjiga, Zagreb.

IZVORI

- Baza podataka Hidrološke službe Sirije, Ministarstvo natapanja, Damask.
- Bulgarian Agrocomplex Co., 1976.: Hidrogeološka studija Gornje Đezire, područje od gornjeg Habura do Đakđaka. Ministarstvo natapanja A. R. Sirije, Arhiv Ministarstva natapanja A. R. Sirije, na arapskom, Damask, Sofija.
- Klimatski atlas Sirije, 2001. Grupa autora. Meteorološka uprava Sirije, Damask.
- The Agricultural Statistical Abstract, Ministarstvo poljoprivrede AR Sirije, Damask.

SUMMARY

River Regime Changes in the Upper Part of Khabour Catchment Area in North-Eastern Syria in the Second Half of XXth Century – Part II: Mean Monthly Runoff

Danijel Orešić, Georgos Bahnan

In this paper authors continue (see: Orešić, Bahnan, 2005) their analysis of the river regime changes on Khabour river in north-eastern Syria, primarily dealing with the monthly runoff distribution.

The research area is largely corresponding with the Upper Jazirah region in north-eastern Syria. It is a large basin between (South-eastern) Taurus Mountains (Turkey) in the North and Mountain range Abd al Aziz – Sinjar (mostly in Iraq) in the South. Taurus Mountains are feeding Khabour and its main tributaries which are flowing from the mountains down south into the basin depression.

Spring time floods regularly brought fertile mud making the land fertile. In the past some low-lying land was even swampy, particularly the middle part of the river Rad valley. In the northern part of the region, on the lower slopes of Taurus there is around 550 mm of yearly precipitation, but due to the Mediterranean climate summers are dry, so there is a shortage of water during the vegetation period. In the low part of the basin precipitation diminishes to around 250 mm yearly.

Up to the 20th century Upper Jazirah remained rather scarcely populated area, and transhumance was economically important. Significant changes began after Syria gained its independence and the population grew, more than doubling from 1960 till 1994. The development of new settlements, especially small villages is connected with the drilling of wells. Around numerous agricultural wells there are often small settlements with only few households. The agricultural wells improved agriculture and enabled people to stay in such villages, somewhat slowing down the polarization process. The region today is characterized mainly by numerous small and dispersed settlements. Modern methods of managing the water resources, especially the construction of dams and irrigation networks brought forward the latest transformations of cultural landscape. Traditional farming and self-sustaining agriculture is replaced by ever stronger market-oriented agriculture, and wheat and cotton became important agricultural products. Governorate Hassakah (mostly corresponding with research area) became the most important wheat and cotton producing area in Syria. However, the strain on water resources becomes more and more evident.

Cultivated area makes over half of the total area of the province and almost 1/3 of the cultivated land is irrigated. The main source of water for irrigation comes from agricultural wells (58 % of water). Some 3/4 of the irrigated land is irrigated from wells. Excessive and largely unplanned use of water resources from both underground and overland sources led to problems, among them changes in river regimes. Even base flow is endangered (Orešić, Bahnan, 2005) and many streams became dry.

The importance of cotton is contributing to the problem, since cotton needs irrigation and consumes a lot of water. From 1984 to the end of 1990's the total area under cotton grew from cca. 45000 ha to cca. 100000 ha. The governorate Hassakah produces almost half of the Syrian cotton.

The changes in the mean monthly runoff distribution in Khabour river system are a reflection of the excessive use of water resources for irrigation. Two sets of data are compared: the data from 1961-1980 and from 1981-2000 from water gauge stations of Ras al Ain, Tal Tamer and Hassakah on Khabour river and Qamishly on Jaghjagh river. The river regime from the period of 1961-1980 is much less affected by human activities, much closer to natural state. Its characteristics are relatively high and stable runoff, with base-flow of at least 40 m³/s. Some evaporation loss is evident in Jagjagh catchment area, mostly because of the former swampy Rad valley. The greatest differences between water gauge stations are from November to April, i.e. during the rainy season. High waters last from December to may and low water period is from June to September, in accordance with the climate.

In the 1981-2000 period changes occurred. On all water gauge stations on Khabour river mean monthly runoffs are at least halved compared to those from the 1961-1980 period. The lowering of the mean monthly runoff is especially notable in the dry period. There is a diminished influence of the base-flow, since a lot of water is pumped from under ground for irrigation. There is more variability and the differences between humid and dry period became greater. The influence of water being used for irrigation of cotton is evident. Cotton is irrigated at the beginning of April so there is a lowering of the mean runoff in May. The runoff is again higher in June because the cotton is not irrigated in its prime growing time from mid may to mid June. Also at the beginning of May wheat is no longer irrigated. In all of the gauge stations there is clearly a lower runoff than naturally expected from July to September, again mostly because of the irrigation of cotton as the cocoons

ripe. Also summer vegetable is then irrigated. Changes on Jaghjagh River are primarily influenced by the Turkish control over river flow, also because of their agricultural needs.

Important changes of river regimes in 1981-2000 period in comparison to the earlier 1961-1980 period are reflected in significantly greater coefficients of variation on the yearly level as well on the monthly level for the low water period. On Ras al Ain and Tal Tamer gauge stations it is accompanied by negative skewness in those months where a significant lowering of the mean monthly runoffs is observed in recent years. Khabour is becoming extremely torrential. Lower base flow and its instability due to the ground water pumping are contributing to the greater influence of spring-time heavy showers. That explains positive skewness in dry period as there are fast-responding short-time high waters. However, Khabour River at Hassakah has a mean monthly runoff of $0 \text{ m}^3/\text{s}$ from April to September for the last 6 years – it became a seasonal stream at Hassakah. Situation is worrying at Ras al Ain, for there lie the main springs of the Khabour River and the data show greater variability with the tendency of lowering runoffs.

In conclusion, in this semi-humid region water resources play a significant role in overall development. Water resource management was poor and in the future its promotion is necessary for the sustainable development of the region. Further population growth and successful agricultural production depend on modern water resources management. Excessive and largely inadequate use of water resources (as in the past) from both underground and overland sources may lead to problems well known elsewhere in the world, up to permanent loss of the aquifers, i.e. ground-water reserves which would cause enormous damage not only for the region but for the whole of Syria as well. Modern irrigation methods need to be implemented. It is important to lower the nowadays huge dependence on groundwater. This can be done by further development of dams, and projects already planned need to be finished. In this sense River Tigris is especially important source since Syria internationally secured the use of 20 % of the Tigris River flow.

Primljeno (Received): 06 - 10 - 2005

Prihvaćeno (Accepted): 25 - 10 - 2005

Danijel Orešić, dr. sc., docent
Geografski odsjek, Prirodoslovno-matematički
fakultet, Marulićev trg 19/II, Zagreb,
Hrvatska/Croatia
e-mail: doresic@geog.pmf.hr

Georgos Bahnan, Ph. D.
Department of Geography, Faculty of Arts
Al-Mezzeh, Damascus, Syria
e-mail: GeorgBahnan@hotmail.com
Tel. 00963 52 75 00 79