

PRETHODNA PRIOPĆENJA PRELIMINARY COMMUNICATIONS

UDK 91, YU ISSN 0016-7258

GEOGRAFSKI GLASNIK 51/1989, ZAGREB

Prethodno priopćenje

PRVI REZULTATI SUVREMENIH HIDROLOŠKIH MJERENJA NA PLITVIČKIM JEZERIMA*

Josip RIĐANOVIĆ**

Uvod

Plitvička jezera su prevladavajuća hidro pojava i u središnjem dijelu Nacionalnog parka. Jezera se opskrbljuju vodom iz okolnih tekućica, brojnih izvora (vrela) te iz podzemlja (Sl. 1).

Sustavna hidrološka istraživanja na jezerima, glavnim tekućicama i gravitirajućim izvorima (vrelima) započela su u razdoblju 1951-1954. pod vodstvom M. Petrika (1958).

Prema tim istraživanjima primjerice na Gavanovcu ukupna protoka kroz jezera iznosi oko 600 litara vode u sekundi. Ustanovljene su dnevne i sezonske fluktuacije vodostaja na jezerima. Maksimalno povećanje vode u toku jednoga dana na Proščanskom jezeru znatno je veće (75 000 m³), nego na nizvodnom i prostranijem jezeru Kozjak (41 000 m³). Najveća kolebanja vode karakteristična su za jezero Ciginovac, do 5 m! Toliko velika razlika pojavljuje se zbog prekida u dotoku vode iz Proščanskog jezera. Povremene fluktuacije vodostaja na Gornjim jezerima su veće od 50 cm. Najveći porast vode u jezerima uvjetovan je naglim kopnjenjem snijega ili dugotrajnim izdašnim kišama. Maksimalni porast vodostaja na jezerima ne podudara se s maksimalnom količinom vode u glavnim izvorima koji opskrbljuju jezera s vodom. Visoki vodostaji pojavljuju se najčešće s određenim zakašnjenjem. Godine 1953. u proljeće je prosječna retencija sviju jezera iznosila 400 000 m³, što bi odgovaralo osmodnevnj protoci, ako je dnevna protoka vode 600 l/s. Retencioni značaj jezera prema tome je očit.

Dnevne i povremene fluktuacije vodostaja očituju se na stalno izdizanje razine jezera. Te pojave lančano izazivaju promjene koje se ispoljavaju na oblik, površinu, obujam, dubinu i ostale značajke jezera. To su hidrogeografske veličine, koje mogu pripomoći kod objašnjenja izgleda, a imaju utjecaja i na važnost jezera. Oblik, širina i površina sliva jezera ili porječja tekućica, nagnutost terena, apsolutni i prosječni pad toka, uzdužni i poprečni profil, gustoća riječne mreže, grupiranje tekućica uključujući i koeficijente, primjerice razvedenosti toka, varijacije, koncentracije i slično, vrlo su važni geografski parametri koji utječu izravno i trajno na mehanizam otjecanja i različite režime vode.

U sklopu Nacionalnog parka obavljena su različita istraživanja. Ponajprije hidromorfološka (J. Roglić, 1951) i hidrogeološka (A. Polšak, 1957 i 1960). Zatim hidrometeorološka (B. Makjanić, 1958), hidrobiološka (H. Emili, 1958), biodinamička (I. Pevalek, 1958), osnovna klasična hidrokemijska (H. Iveković, 1958), geotektonska (M. Herak, 1962), klimatska (B. Makjanić, 1972), geomorfološka (J. Roglić, 1974), hidrogeografska (J. Riđanović, 1976), suvremena hidrokemijska i timsko kompleksna istraživanja (D. Srdoč, N. Horvatinić, B. Obelić, I. Krajcar, A. Slipećević, 1985), kao i druga... U svim tim istraživanjima uočena je važnost otjecanja vode. Postavlja se stoga pitanje, šta i koliko stvarno znamo o procesima otjecanja vode na Plit-

* U povodu 40. obljetnice proglašenja Plitvičkih jezera Nacionalnim parkom

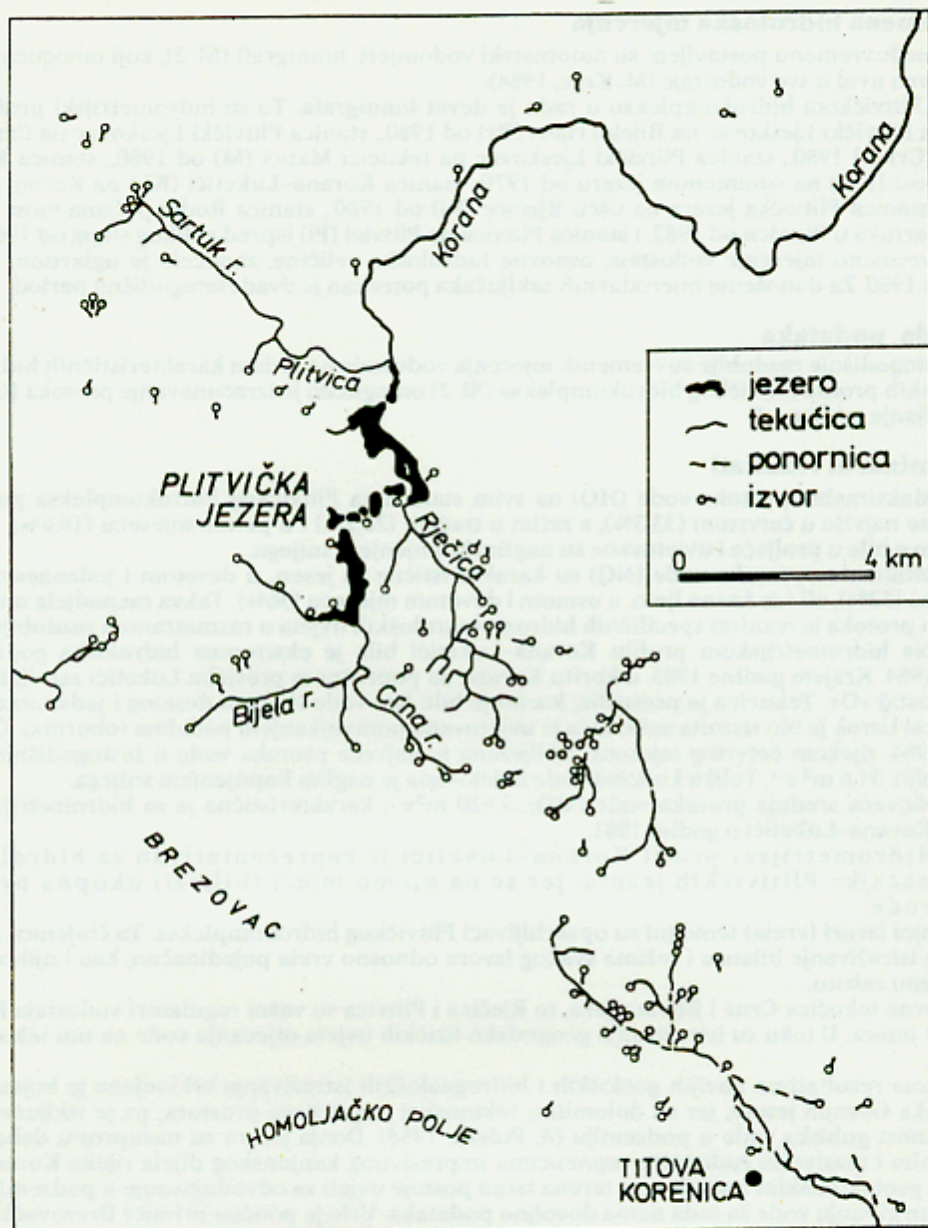
** Dr. Josip Riđanović, redovni profesor, Zavod za geografiju i prostorno uređenje PMF Zagreb. Rukopis primljen u prosincu 1988. Recenzenti dr. Tomislav Segota i dr. Andrija Bognar

Tablica 1. Raspodjela maksimalnih (HQ), srednjih (MQ) i minimalnih (NQ) protoka u m³s⁻¹ na karakterističnim hidrometrijskim profilima Plitvičkog hidrokompleksa
 Table 1. The spatial distribution of the high (maximum) /HQ/, mean /MQ/ and low (minimum) /NQ/ annual water discharge (m³s⁻¹) in the Plitvice drainage area - period 1980-1985

Stanica Gauging station	Tekućica jezero Stream/lake	Godina Year	HQ	Mjesec Month	Razdoblje/Period 1980-1985		Mjesec Month
					MQ	NQ	
Plitvički Ljeskovac	Bijela rijeka (Br)	1980	1,95	V	0,611	0,098	X
		1981	1,92	XII	0,587	0,185	II i III
		1982	1,60	I	0,463	0,061	IX i X
		1983	1,64	III	0,391	0,018	XI
		1984	1,88	IV	0,512	0,033	I
		1985	1,60	IV	0,443	0,018	XI
Plitvički Ljeskovac	Crna rijeka (Cr)	1980	6,45	V	1,930	0,529	X
		1981	9,42	XII	1,930	0,703	IX
		1982	6,21	XII	1,530	0,479	IX
		1983	7,71	III	1,270	0,361	XI
		1984	9,12	IV	1,730	0,516	I
		1985	7,71	IV	1,360	0,299	X
Plitvički Ljeskovac	Matica (M)	1980	6,66	V	2,920	0,776	IX i X
		1981	12,20	III	2,940	1,150	VIII i IX
		1982	0,93	I	2,250	0,877	IX
		1983	10,20	III	1,770	0,612	XI
		1984	12,50	IV	2,830	0,836	I
		1985	9,77	IV	1,990	0,637	IX i X
Kozjak most	Kozjak (Km)	1980	17,30	V	3,770	0,982	X
		1981	20,00	III	3,610	1,230	VIII i IX
		1982	14,60	I	2,800	1,000	IX i X
		1983	12,70	III	2,450	0,516	XI
		1984	17,20	IV	3,060	0,736	UI
		1985	13,90	IV	2,740	0,729	X
Korana Luketići	Korana (KL)	1980	26,00	V	3,790	0,275	X
		1981	30,70	XII	3,920	0,726	VIII i IX
		1982	15,20	I	2,680	0,225	IX i X
		1983	16,90	III	1,910	0,000	X i XI
		1984	31,60	IV	2,680	0,220	I i IX
		1985	16,10	IV	2,250	0,036	X
Plitvička jezera	Rječica (Rj)	1980	2,03	V	0,593	0,208	IX i X
		1981	2,44	III	0,603	0,228	VIII
		1982	1,59	I	0,444	0,200	IX i X
		1983	1,46	III	0,366	0,154	VIII
		1984	2,31	IV	0,454	0,188	IX
		1985	1,69	IV	0,389	0,144	VIII, IX i X
Plitvice	Plitvice (Pl)	1980	14,20	V	0,924	0,077	X
		1981	16,40	VI	0,988	0,172	VIII i I
		1982	6,55	III	0,609	0,056	VIII
		1983	8,89	III	0,407	0,057	VIII i VII
		1984	13,30	IV	0,789	0,028	VIII
		1985	6,55	IV	0,619	0,041	VIII i I

tvikom hidrokompleksu? Počev od režima padalina (oborina), preko režima jezera, režima tekućica, režima izvora (vrela) do režima vode u podzemlju? Postojeća hidrološka dokumentacija je vrlo bogata i rezultati su od mnogostruke važnosti. Raspoložemo s obiljem podataka iz kojih se može izračunati i obujam vode u jezerima. Međutim za kvantitativno određivanje otjecanja vode dosadašnja opažanja (motrenja) vodostaja su bila malobrojna i nepotpuna.

U razdoblju 1975-1980. vršena su povremena istraživanja u sklopu praktikumata iz hidrogeografije i dat je prijedlog za uvođenje suvremenijih, funkcionalnijih, instrumenata. Istodobno su (predložena) naznačena mjesta (lokacije) za te uređaje na kojima bi se vršila stalna automatska mjerenja svih vodostaja (J. Riđanović, 1976).



Sl. 1. Plitvička jezera u sklopu gravitirajućih izvora i glavnih tekućica
Fig. 1: Plitvice Lakes in the complex of gravitating springs and main streams

Suvremena hidrološka mjerenja

U međuvremenu postavljeni su automatski vodomjeri, limnigrafi (Sl. 2), koji omogućavaju izravan uvid u sve vodostaje (M. Krga, 1984).

Na Plitvičkom hidrokompleksu u radu je devet limnigrafa. To su hidrometrijski profili, stanica Plitvički Ljeskovac na Bijeloj rijeci (Br) od 1980., stanica Plitvički Ljeskovac na Crnoj rijeci (Cr) od 1980., stanica Plitvički Ljeskovac na tekućici Matici (M) od 1980., stanica Kozjak-most (Km) na istoimenom jezeru od 1979., stanica Korana-Luketići (KL) na Korani od 1978., stanica Plitvička jezera na ušću Rječice (Rj) od 1980., stanica Rodić poljana-most na ušću Sartuka u Plitvicu od 1982. i stanica Plitvice na Plitvici (Pl) ispred velikog slapa od 1980.

Suvremeno mjerenje vodostaja, osnovne hidrološke veličine, započelo je uglavnom od godine 1980. Za donošenje mjerodavnih zaključaka potreban je dvadesetogodišnji period.

Obrađena podataka

Šestogodišnje razdoblje suvremenih mjerenja vodostaja na sedam karakterističnih hidrometrijskih profila Plitvičkog hidrokompleksa (Sl. 2) omogućilo je izračunavanje protoka (Q) i sastavljanje tablice 1.*

Preliminarni rezultati

1. Maksimalne protoke vode (HQ) na svim stanicama Plitvičkog hidrokompleksa pojavljuju se najviše u četvrtom (33,3%), a zatim u trećem (26,2%) i u petom mjesecu (16,6%). Te su pojave bile u proljeće i uvjetovane su naglim kopnjenjem snijega.

2. Minimalne protoke vode (NQ) su karakteristične za jesen, u desetom i jedanaestom mjesecu (52%), ali i za kasno ljeto, u osmom i devetom mjesecu (36%). Takva raspodjela minimalnih protoka je rezultat specifičnih hidrometeoroloških uvjeta u razmatranom razdoblju.

3. Na hidrometrijskom profilu Korana-Luketići bila je ekstremna hidrološka godina 1983/1984. Krajem godine 1983. u koritu Korane na poprečnom presjeku Luketići zabilježen je vodostaj »O«. Tekućica je presušila; korito je bilo bez vode tijekom desetog i jedanaestog mjeseca! Uzrok je bio izrazita suša, koja je uvjetovana pomanjkanjem padalina (oborina). Godine 1984. tijekom četvrtog mjeseca zabilježena je najveća protoka vode u šestogodišnjem razdoblju, $31,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Tolika količina vode uvjetovana je naglim kopnjenjem snijega.

4. Najveća srednja protoka vode (MQ), $3,920 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, karakteristična je za hidrometrijski profil Korana-Luketići u godini 1981.

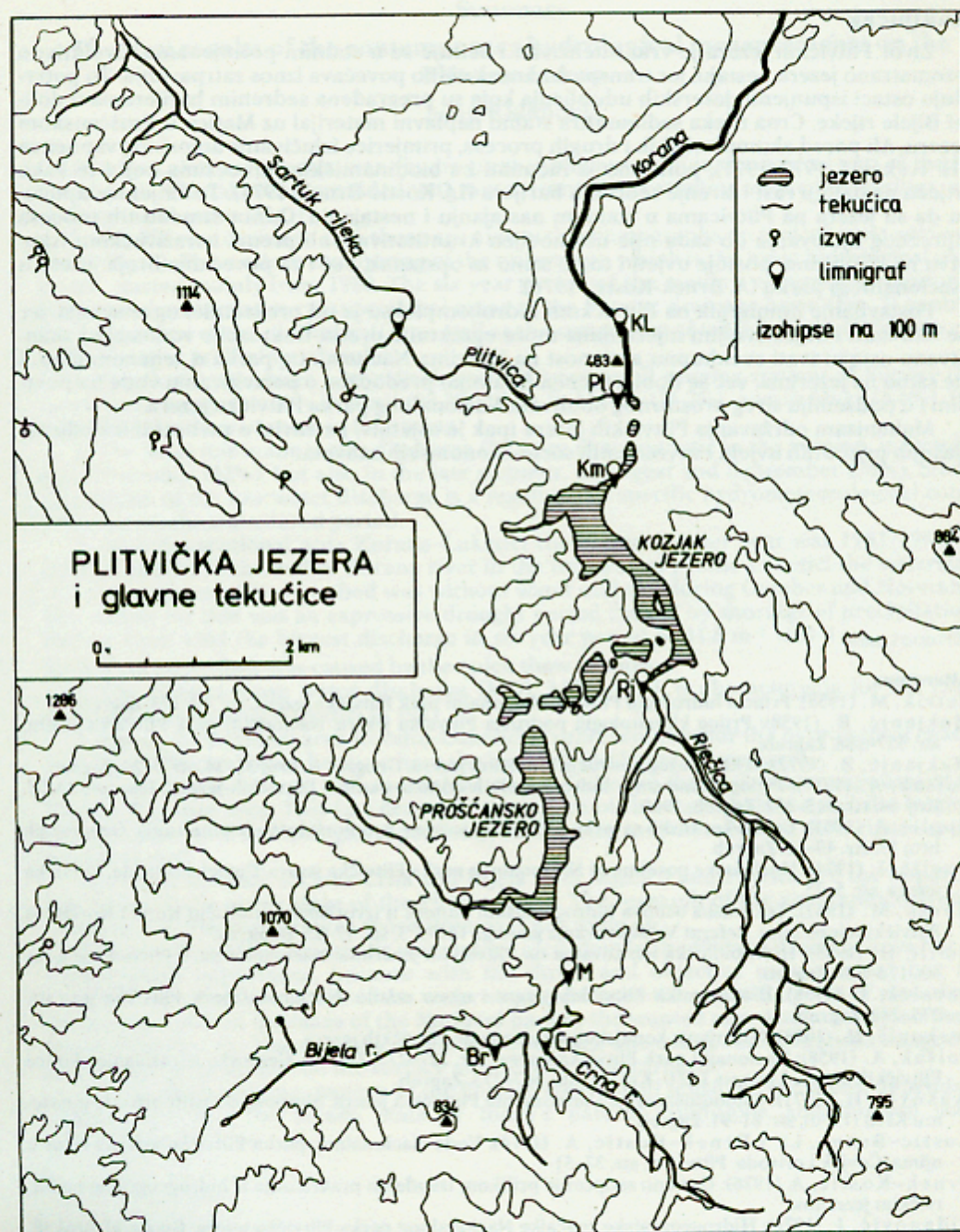
5. Hidrometrijski profil Korana-Luketići je reprezentativan za hidrološke značajke Plitvičkih jezera, jer se na njemu mjeri (bilježi) ukupna protoka vode.

Brojni izvori (vrela) temeljni su opskrbljivači Plitvičkog hidrokompleksa. Ta činjenica zahtijeva istraživanje bilance i režima svakog izvora odnosno vrela pojedinačno, kao i njihovu rigoroznu zaštitu.

Glavne tekućice Crna i Bijela rijeka, te Rječica i Plitvica su važni regulatori vodostaja Plitvičkih jezera. U toku su istraživanja geografsko-fizičkih uvjeta otjecanja vode na tim tekućicama.

Prema rezultatima novijih geoloških i hidrogeoloških istraživanja otklonjena je bojazan opstanka Gornjih jezera, jer su dolomiti u tektonskoj jezgri šireg prostora, pa je isključena mogućnost gubitka vode u podzemlju (A. Polšak, 1958). Donja jezera su nasuprot u debelo uslojenim i masivnim rudistnim vapnencima impresivnog kanjonskog dijela rijeke Korane. Prema geotektonskim značajkama terena tamo postoje uvjeti za odvodnjavanje u podzemlju, ali o tom gibanju vode za sada nema dovoljno podataka. Vrlo je poučan primjer Brezovačkog polja gdje je dubinskim oranjem tla bilo prouzročeno onečišćenje vode na izvoru Bijeje rijeke.

* Zahvaljujem se osoblju Hidrološkog odjela Republičkog Hidrometeorološkog zavoda na susretljivosti, posebice ing. Darku Vasiću, koji mi je ljubazno pomogao u sastavljanju tablice protoka.



Sl. 2. Razmještaj limnigrafa na Plitvičkom hidrokompleksu
Fig. 2: Automatic water stage recorders in the Plitvice drainage area

Zaključak

Život Plitvičkih jezera je vrlo intenzivan i očituje se u stalnim promjenama. Evolutivno promatrano jezera nestaju, jer transport nanosa vidno povećava iznos zatrpavanja. To potvrđuju ostaci ispunjenih jezerskih udubljenja koja su pregrađena sedrenim barijerama u dolini Bijeje rijeke. Crna rijeka sedimentira stalno naplavni materijal uz Maticu u Prošćanskom jezeru. Ali pored akumulacijskih i drugih procesa, primjerice izlučivanje amorfnog vapnenca (H. Iveković, 1970-1971), potrebno je računati i s biodinamičkim procesima koji i te kako utječu na daljnji rast i širenje sedrenih barijera (Lj. Kostić-Brnek, 1974). Te činjenice upućuju da su jezera na Plitvicama u stalnom nastajanju i nestajanju. Odnos između tih procesa oprečnog djelovanja do sada nije ustanovljen kvantitativno, ali prema istraživačkom iskustvu na Plitvicama postoje uvjeti i to ne samo za opstanak, već i za povećanje broja jezera u Nacionalnom parku (A. Brnek-Kostić, 1976)!

Postavljanje limnigrafa na Plitvičkom hidrokompleksu je od prekretničkog značenja, jer se izravnim i objektivnijim mjerenjima može egzaktnije pratiti fluktuacije vodostaja i znatveno usmjeravati sveukupnu aktivnost na jezerima Nacionalnog parka u željenom cilju. I ne samo na jezerima, već se dobija točnija (realnija) predodžba o pojavljivanju vode na površini i u podzemlju šireg prostornog obuhvata Nacionalnog parka Plitvička jezera.

Mehanizam održavanja Plitvičkih jezera ipak je osjetljiv, jer zavisi od ravnoteži između sadašnjih prirodnih uvjeta i suvremenih socio-ekonomskih zahvata.

Literatura

- Petrik, M. (1958): Prinosi hidrologiji Plitvica. Nacionalni park Plitvička jezera, str. 49-173. Zagreb.
- Makjanić, B. (1958): Prilog klimatologiji područja Plitvička jezera. Nacionalni park Plitvička jezera, str. 357-388. Zagreb.
- Makjanić, B. (1972): O klimi užeg područja Plitvičkih jezera. Geograf. fl. broj 33-34, str. 5-24. Zagreb.
- Polšak, A. (1957): Prilog poznavanju hidrogeoloških odnosa okolice Plitvičkih jezera. Ljetopis JAZU. Knj. 64, str. 315-332. Zagreb, 1960.
- Roglić, J. (1951): Unsko-koranska zaravan i Plitvička jezera - geomorfološka promatranja. Geograf. gl. broj 13, str. 49-68. Zagreb.
- Roglić, J. (1974): Morfološke posebnosti Nacionalnog parka Plitvička jezera. Čovjek i priroda, Plitvička jezera, str. 5-25.
- Herak, M. (1962): Tektonska osnova hidrogeoloških odnosa u izvorišnom području Kupe i Korane (s Plitvičkim jezerima). Referat V savjetovanja geologa FNRJ, 3, str. 17-25. Beograd.
- Emili, H. (1958): Hidrobiološka istraživanja na Plitvičkim jezerima. Nacionalni park Plitvička jezera, str. 173-227. Zagreb.
- Pevalek, I. (1958): Biodinamika Plitvičkih jezera i njena zaštita. Nacionalni park Plitvička jez., str. 275-292. Zagreb.
- Iveković, H. (1958): Mijenjanje kemijskog sastava vode Plitvičkih jezera.
- Polšak, A. (1958): Nacionalni park Plitvička jezera, str. 227-275. Zagreb. Geološko istraživanje okolice Plitvičkih jezera. Ljetopis JAZU. Knj. 63, str. 367-373. Zagreb.
- Iveković, H. (1971): Samouništaavanje i samozaštita Plitvičkih jezera. Simpozij o zaštiti prirode u našem Kršu (1970), str. 81-91. Zagreb.
- Kostić-Brnek, Lj. i Brnek-Kostić, A. (1974): Vode Nacionalnog parka Plitvička jezera i život u njima. Čovjek i priroda. Plitv. jez., str. 37-51
- Brnek-Kostić, A. (1976): Usmeno saopćenje prilikom izvođenja praktikuma iz hidrogeografije na Plitvičkim jezerima.
- Ridanović, J. (1976): Hidrogeografske značajke Nacionalnog parka Plitvička jezera. Geogr. gl. broj 38, str. 246-252. Zagreb.
- Krga, M. (1984): Hidrometeorološka motrenja i mjerenja na području Nacionalnog parka Plitvička jezera. »Plitvički vjesnik« br. 98, str. 9. Gospić.
- Srdoč, D., Horvatinić, N., Obelić, B., Krajcar, I. i Sliepčević, A. (1985): Procesi taloženja kalcita u krškim vodama s posebnim osvrtom na Plitvička jezera. Krš Jugoslavije 11/4-6, str. 101-204. Zagreb.

Napomena: Osim citiranih radova upotrebljena su i druga prigodna, grupna i pojedinačna izdanja u kojima su izloženi rezultati istraživanja šire okolice Nacionalnog parka Plitvička jezera ...

Summary

The first results of the contemporary hydrological measurements on the Plitvice Lakes

Josip Ridanović

Plitvice Lakes are predominant hydrographic phenomenon in the central part of the National park. The lakes are provided with water from direct streams, numerous springs, and underground water (Fig. 1).

In the Plitvice drainage area there are nine active limnographs on typical cross-sectional areas (Fig. 2). The modern monitoring of the waterstage, which is the basic hidrological parameter, started mainly from 1980. The six year period of the modern waterstage monitoring on seven characteristics cross-sectional areas in the Plitvice drainage basin (Fig. 2) enabled the calculation of the discharge (Q), as well as the composing of table 1. From table 1 we can make the next preliminary results:

1. The (high) maximum water discharge (HQ) on the all gauging stations of Plitvice drainage basin appear mostly in April (33,3%), than in March (26,2%), and in May (16,6%). It is caused by the thaw of snow in the spring.

2. The (low) minimum water discharge (NQ) are characteristic in the autumn, in October and November (52%), but also in the late summer, in August and September (36%). Such a disposition of the low water discharge is a result of the specific hydrometeorological conditions during the considered period.

3. On cross-sectional area Korana-Luketići the extreme water year was 1983/1984. On the end of 1983 in the bed of Korana river in the transversal profile Luketići the waterstage «O» was registred. The river bed was without water and dry during October and November! The reason for that was an expressive drought period caused by shortage of precipitations. During April 1984 the biggest discharge in six year period of $31.6 \text{ m}^{-1} \text{ wa}0-1$ was recorded. Such a big water flow was caused by the quick thaw of snow.

4. The biggest mean water discharge (MQ), $3,920 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, is characteristic for the cross-sectional area Korana-Luketići in 1981.

5. The cross-sectional area Korana-Luketići is representative for the hydrological characteristics of Plitvice Lakes, because here the bankfull discharge is measured.

The numerous springs, both, perennial and periodic are the basic water suppliers of the Plitvice drainage area. This fact demands a research of the water balance and the (regime) storage capacity of the springs, respectively, each spring individually, and their rigorous protection as well.

The main streams, such as Crna and Bijela river, Rječica and Plitvica are the important regulators of the water stage of the Plitvice lakes. The research of the geographicophysical conditions of the water flow in those streams is just foing on.

The installing of the automatic water stage recorders in the Plitvice drainage area has the turning-point importance, because with the direct and objective measurement one can exactly follow the fluctuation of the water stage, and from the scientific point of view direct the total activity on the lakes of the National park to the wanted aim. And not only on the lakes, but also for the broader area of that National park one can get more realistic image about the water appearance on the surface as well as in underground.

The maintainence mechanism of the Plitvice lakes is still sensitive, because it depends on balance between the steady state of today's natural conditions and modern socio-economical projects.